ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ

ВЕСТНИК КазНИТУ

VESTNIK KazNRTU

№ 5 (141)

АЛМАТЫ 2020 ОКТЯБРЬ

ISSN 1680-9211

Главный редактор
И. К. Бейсембетов – ректор

Зам. главного редактора
А.Х. Сыздыков – проректор по науке

Отв. секретарь
Н.Ф. Федосенко

Редакционная коллегия:

З.С. Абишева- акад. НАНРК, Л.Б. Атымтаева, Ж.Ж. Байгунчеков- акад. НАНРК, А.Б. Байбатша, А.О. Байконурова, В.И. Волчихин (Россия), К. Дребенштед (Германия), Г.Ж. Жолтаев, Г.Ж. Елигбаева, Р.М. Искаков, С.Е. Кудайбергенов, Б.У. Куспангалиев, С.Е. Кумеков, В.А. Луганов, С.С. Набойченко – член-корр. РАН, И.Г. Милев (Германия), С. Пежовник (Словения), Б.Р. Ракишев – акад. НАН РК, М.Б. Панфилов (Франция), Н.Т. Сайлаубеков, А.Р. Сейткулов, Фатхи Хабаши (Канада), Бражендра Мишра (США), Корби Андерсон (США), В.А. Гольцев (Россия), В. Ю. Коровин (Украина), М.Г. Мустафин (Россия), Фан Хуаан (Швеция), Х.П. Цинке (Германия), Е.М. Шайхутдинов-акад. НАНРК, Т.А. Чепуштанова

Учредитель:

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Регистрация:

Министерство культуры, информации и общественного согласия
Республики Казахстан № 951 – Ж “25” 11. 1999 г.

Основан в августе 1994 г. Выходит 6 раз в год

Адрес редакции:

г. Алматы, ул. Сатпаева, 22,
каб. 609, тел. 292-63-46
Nina. Fedorovna. 52 @ mail.ru

© КазНИТУ имени К.И. Сатпаева, 2020

УДК 624.131.1

[1]A. Zhakyp, [2]V. Mirlas, [1]E. Auelkhan
(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
[2]Ariel University, Israel.
E-mail: a.zhakyp@stud.satbayev.university)

HAZARDOUS GEOLOGICAL ENGINEERING PROCCESSES AT THE TERRITORY OF ALMATY AGLOMERATION

Abstract. Modern hazardous geological processes (HCP) are among the most essential components of engineering and geological conditions that determine the safety of human life, features of industrial and civil construction, and consequently, the sustainable economic development of the territory of the Almaty urban agglomeration. The intensity of HCP activation is due to the location of Almaty in a seismically active region, where catastrophic earthquakes were recorded; unsatisfactory level of engineering protection of the city territory; the growth of the population of the city and nearby settlements. According to the results, investigations identified areas that are potentially dangerous from the point of view of the development HCP. There are identified 3 main groups a, ssociated with certain areas. These are: landslides, collapse, mudflows developing in the foothill areas; groundwater level rising in the central part of the city, that sites involved water intakes and flooding of individual communications in the northern part of the city.

Key words: hazardous geological processes, urban area, flooding of the territory, groundwater level, monitoring.

[1]А.Е. Жақып, [2]В.М. Мирлас, [1]Е.С. Ауелхан
(Satbayev University, Алматы, Казахстан. [2]Ariel University, Израиль.
E-mail:a.zhakyp@stud.satbayev.university)

ОПАСНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ АЛМАТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Аннотация. Современные опасные геологические процессы (ОГП) относятся к числу наиболее существенных компонентов инженерно-геологических условий, определяющих безопасность жизнедеятельности людей, особенности промышленного и гражданского строительства. Выделены 3 основные группы ОГП, приуроченных к определенным районам. Это: оползни, обвалы, селевые явления, развивающиеся в предгорных районах; подъем уровня подземных вод в центральной части города на участках действующих водозаборов и подтопление отдельных районов в северной части города. В работе кратко описываются данные группы ОГП и факторы их вызывающие. Приводятся результаты исследований на экспериментальном участке, расположенном в области развития процесса подтопления отдельного района в северной части города. Делается вывод о том, что подтопление участков в северной части г. Алматы происходит вследствии уменьшения естественной дренированности территории за счет засыпки и планировки существующих понижений в рельефе и речек Карасу. Подчеркивается необходимость создания геофильрационной модели для прогнозной оценки развития процесса подтопления зданий и сооружений на данной территории.

Ключевые слова: опасные геологические процессы, городская территория, подтопление территории, подземные воды, мониторинг.

Введение.

В настоящее время в предгорной зоне Иле Алатау проживает более 1,5 миллионов человек и сосредоточены объекты промышленности, жилые здания, дачные массивы, инженерные коммуникации, отличающиеся высокой концентрацией и плотностью населения на территории Алматинской агломерации. Данная территория подвержена развитию опасных геологических процессов. В 90-х годах прошлого столетия началось интенсивное строительство прилавков хребта Иле Алатау, наиболее подверженных ОГП (оползни, обвалы, донная и боковая эрозия, оврагообразование, сели, подтопления и .т.д.). Строительство велось без монтажа арычной сети массивного стока, осуществлялся безконтрольный полив участков, расположенных на оползнеопасных склонах. Результатом этого, явилось интенсивная активизация склоновых гравитационных процессов в последние годы, что, к сожалению, привело к человеческим

жертвам (7). Учитывая важность данной проблемы, 19 марта 2004г. Президентом РК Н.А. Назарбаевым было издано распоряжение № 451, обязывающее усилить работы по обеспечению безопасности населения и территорий, потенциально подверженных негативному воздействию ОГП. Поскольку процесс формирования ОГП в предгорной зоне растянут во времени, его интенсификация ожидается уже в ближайшем будущем. Учитывая, что прилавковая зона Иле Алатау относится к зоне 9-10 бальных землетрясений, то даже землетрясение интенсивностью 5-6 баллов может спровоцировать здесь многочисленные гравитационные смещения (7) [5].

Актуальность изучения развития и проявления ОГП рассмотрены *Мустафаевым С.Т., Смоляром В.А. и Буровым Б.В.,2008* [11]. Авторами была составлена «Карта инженерно-геологического районирования территории г. Алматы и его окрестностей по условиям развития и интенсивности ОГП» масштаба 1:50 000, где рекомендуются пункты для организации мониторинга за ОГП в районе г. Алматы. Для надлежащего проектного обоснования таких мероприятий необходимо всестороннее изучение инженерно-геологической обстановки очагов проявления ОГП, анализ их интенсивности, изучение физико-механических свойств грунтов и горных пород, а также обоснованное прогнозирование динамики развития этих процессов во времени.

С 2004 по 2006 гг ТОО «Алматыгидрогеология» были выполнены работы по осуществлению мониторинга опасных геологических процессов на Каскелен-Талгарском полигоне, по результатам которого был представлен отчет (7). Работы осуществились согласно методическому руководству ВСЕГИНГЕО (1979, 1984, 1997гг) [13,14,15] на участках 1,2,3 категорий с постановкой на них работ по исследованию ОГП. Были проведены режимные наблюдения для изучения динамики развития опасных геологических процессов на 27 стационарных наблюдательных постах в Алматинской области на площади Каскелен-Талгарского полигона [7].

По результатам исследований процесса развития ОГП на территории алматинской городской агломерации были выделены районы потенциально опасные с точки зрения развития следующих типов ОГП:

Оползни, обвалы, селевые явления

Значительное развитие этих процессов в бассейнах наиболее крупных реках Иле Алатау: Каскелен, Аксай, Большая и Малая Алматинка, Широкая Щель, учитывая интенсивное освоение территорий за счет строительства дач, туристических и ресторанных комплексов, зон отдыха, близость к городу и их доступность, предопределили выбор постов наблюдений за даными явлениями именно в этой зоне. Для целенаправленного изучения условий формирования, распространения и их активизации были оборудованы 12 постов наблюдений (Рис.1.), которые были включены в режимную сеть мониторинга за ОГП.

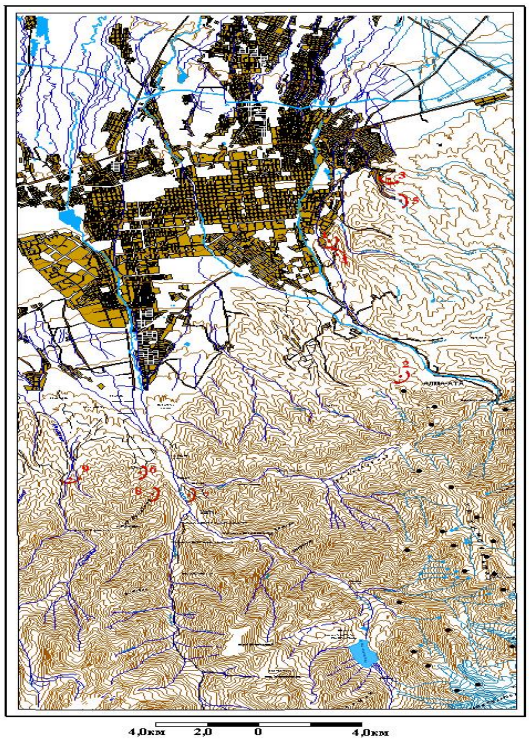


Рис. 1. Схема расположения оползней и постов наблюдений в бассейнах рек Большой и Малой Алматинки.

Подъем уровня грунтовых вод вследствие сокращения воотбора подземных вод эксплуатационными скважинами на водозаборах г.Алматы. Большое влияние на положение уровней подземных вод оказывает перераспределение водоотбора из эксплуатируемых водоносных горизонтов внутри города, т.е. уменьшение водоотбора на одних водозаборах и увеличение его на других [1]. На сегодняшний день, перераспределение водоотбора привело к повышению уровня подземных вод в северной части города. Так если, в 1991 году глубина уровня подземных вод составляла в зимний период 10-12 м, а в летний период – 8.9 -10.0 м., то в декабре 2005 года уровень подземных вод здесь составил - 6.5-6.6 м. Уровень подземных вод в 1961 году южнее центра города, на широте пр. Райымбека располагался на глубине 4.5 м. Анализ гидрогеологических условий территории показал, что отмечается общая тенденция подъема уровня воды в черте города Алматы, вызванное в основном из-за уменьшения водоотбора подземных вод или его перераспределения по водозаборам. Это привело к некоторому смещению депрессионной воронки на юг от пр. Райимбека и уменьшению глубины залегания уровня воды в северной части города. Дальнейший подъем уровня подземных вод близко к дневной поверхности может привести к к увеличению бальности территории по сейсмической активности (2).

Однако, в настоящее время, уровень подземных вод залегает на глубине более 2-х метров на данной территории и подземные воды практически не участвуют в процессе подтопления территории и подземных коммуникаций.

Подтопление участков в северной части города Алматы

Данный процесс происходит вследствии уменьшения естественной дренированности на предгорной равнине Заилийского Алатау [3] за счет засыпки и планировки существующих понижений в рельефе и речек Карасу, которая ведет к подтоплению зданий и сооружений. Здесь в многочисленных логах берут начало реки типа «Карасу». В настоящее время эти естественные дрены дождевых и грунтовых вод в большинстве своем засыпаны и спланированы для последующей застройки и данный процесс продолжается.

При засыпке логов наблюдается локальное повышение уровня грунтовых вод из-за сокращения их естественного дренажа. Частичная засыпка логов при сооружении пересекающих их автодорог сопровождается подпруживанием воды и образованием заболоченности и процессов подтопления.

Целью данного исследования является характеристика процесса подтопления территории северной части алматинской городской агломерации на экспериментальном участке расположенном севернее улицы Рыскулова.

Методы исследования и материалы.

Экспериментальный участок «Северная часть г. Алматы - подтопление». Для изучения развития процессса подтопления территории в статье использовались данные по посту наблюдения на экспериментальном участке. По данным ТОО «Алматыгидрогеология» [7,10] для изучения процессов подтопления выбран участок, расположенный в северо-западной части г. Алматы, ниже улицы Рыскулова, в поселке АДК, по улицам Есенина и Армавирская. Схема расположения скважин представлена на рис. 2. На участке пробурено 5 скважин, глубиной до 15м. Одним из критериев выбора данных постов наблюдений для проведения на них мониторинга явилась степень их воздействия на жизнедеятельность населения, строения и коммуникации. При этом, особое внимание было уделено сезонным периодам колебания грунтовых вод и периодическому подтоплению территории грунтовыми водами. Геоморфологически пост наблюдения расположен на аллювиально-пролювиальной предгорной равнине. В литологическом отношении экспериментальный участок приурочен к верхнечетвертичным аллювиально-пролювиальным отложениям (apQ_{III}).

Водовмещающие породы на данном участке представлены гравийно-галечниками и гравелистыми песками. Гранулометрический состав гравийно-галечников: содержание глинистых частиц-1,3%; пылеватых-2,9%; песчаных- 39 %; гравийных-57,8%. Плотность грунта - 1,65 г/см^3; при максимальном уплотнении -1,8 г/см^3, угол естественного откоса-32^0, под водой-25^0. Заполнителем является среднезернистый песок имеющий следующий гранулометрический состав: глинистых частиц-0,8%; пылеватых-4,3%; песчаных-59,1%; гравийных-35,8%; угол естественного откоса сухого грунта-31^0, под водой-24^0.

При строительстве поселка было произведено планирование территории и засыпка русла «Карасу», являющегося базисом дренажа грунтовых и дождевых вод, особенно в многоводный год. Это вызвало подъем уровней грунтовых вод, и, как результат – подтопление городских коммуникаций и производственных и жилых зданий. Особенно ярко процессы подтопления проявились в многоводный год, когда в период ливневых дождей выпадала за сутки месячная норма осадков. Отрицательную роль в данном процессе сыграли также большая площадь асфальтированных территорий, расположенных

гипсометрически выше ул. Рыскулова, и отсутствие ливневой канализации, необходимой для сбора и оттока дождевых и талых вод. По этим скважинам ведутся систематические наблюдения за влиянием уровня грунтовых вод на развитие процессов заболачивания и засоления грунтов.

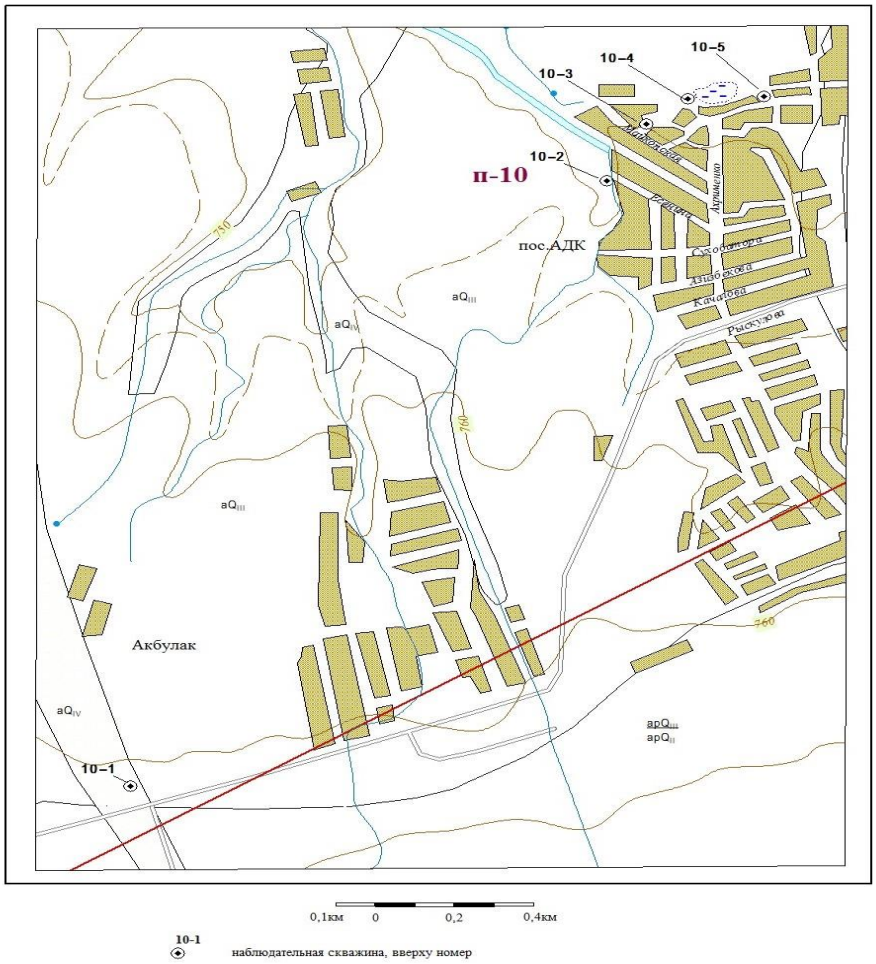


Рис. 2. Схема расположения наблюдательных скважин.

Мониторинг за развитием процесса подтопления включал в себя: наблюдения за уровнями грунтовых вод; состоянием речного стока; атмосферными осадками; паводковыми явлениями. Состояние речного стока и паводковые явления отслеживались путем проведения визуальных наблюдений после прохождения паводков и интенсивных ливней. Глубина залегания уровней грунтовых вод фиксировалась по данным регулярных измерений в наблюдательных скважинах. Периодичность измерений составляла 3 раза в месяц. Одновременно отслеживались оперативные изменения в гидрогеологических и гидродинамических условиях территории, определяющих активность подтопления.

Оценка потенциальной подтопляемости территории [4] в статье производилась на основании использования критерия потенциальной подтопляемости *P:*

$$P = (h_e - \Delta h)/H_c, \quad (1)$$

где h_e - уровень подземных вод до начала подтопления, определяемый по данным инженерных изысканий, м; $\Delta h = f(x, y, t, w_0)$ - величина возможного (прогнозного) подъема подземных вод за расчетный период времени, м (определяется на основе фильтрационных расчетов в соответствии с «Рекомендациями по прогнозу подтопления промышленных площадок грунтовыми водами» (ВОДГЕО, ПНИИИС, 1976); H_c - критический подтопляющий уровень подземных вод, м, отсчет ведется от поверхности земли. При $P \leq 1$ и $t_c \leq T_p$ (t_c -период времени, в течении которого наступает $H_c = h_e - \Delta h$) территория является потенциально подтопляемой.

Результаты и обсуждение

Данные по замерам уровня грунтовых вод представлены в таблице 1. Отмечается значительный подъем уровня грунтовых вод в апреле – мае, связанный с периодами ливневых дождей и таянием снега. В 2016 г. (наиболее дождливый) высокий уровень грунтовых вод держался до августа месяца.

Таблица 1. **Результаты измерений уровня грунтовых вод по скважинам.**

| № скв. | Привязка скважины по GPS | Высота оголовка скважины, м | Глубина залегания грунтовых вод | | |

В скважинах № 3, № 4 грунтовые воды были на уровне земли. В близлежащих домах были подтоплены подвалы. Следует отметить, что 2016 год был самым водообильным за последний 10ти летний период наблюдений.

С апреля 2017 – по апрель 2018 гг минимальные значения уровня грунтовых вод характерны для конца августа, начала сентября, таблица 2. Графики колебаний УГВ показаны на рис. 3. Из результатов наблюдений следует, что решающим фактором для подтопления данной территории являются весеннее снеготаяние и аномальные дожди. Минимальные глубины залегания уровней грунтовых вод зафиксированы в скважинах 2,3,4.

Таблица 2. **Колебание уровня грунтовых вод.**

№ п.п.	Номер скважины	Максимальные уровни подъема грунтовых вод		Минимальные уровни грунтовых вод		Амплитуда колебания уровня грунтовых вод, м
		Глубина залегания УГВ, м	Месяц декада	Глубина залегания УГВ, м	Месяц декада	
1	1	-	-	-	-	-
2	2	0,49		1,04		0,55
3	3	0,28		1,04		0,76
4	4	0,11		0,91		0,80
5	5	2,82		3,81		0,99

Оценка потенциальной подтопляемости территории показана в таблице 3. На основании выполненной оценки данная территория относится к первой степени по потенциальной подтопляемости.

Таблица 3. **Оценка потенциальной подтопляемости территории.**

				миним.	средн.	макс.
1.	Естественный уровень подземных вод		he, м	0,29	0,64	0,99
2.	Критический уровень подтопления		Hc, м	1,50		
3.	Природные условия территории (табл. 32)			4		
4.	Категория по водопотреблению (табл. 31)			Г		
5.	Удельный расход воды (табл. 31)		м3/сут на 1 га	500 - 50		
6.	Тип подтопляемости (табл. 33)			III		
7.	Вероятная скорость подъема уровня		V, м/год			
8.		за первые 10 лет		0,10	0,20	0,30
		10 – 15 лет		0,03	0,07	0,10
		15 – 20 лет		0,03	0,05	0,08
		20 – 25 лет		0,02	0,04	0,06
	Расчетное повышение уровня подз. вод		h=Vt, м			
9.		за первые 10 лет		1,00	2,00	3,00
		10 – 15 лет		1,15	2,33	3,50
		15 – 20 лет		1,27	2,59	3,90
		20 – 25 лет		1,38	2,79	4,20
	Критерий подтопляемости		P=(he-Δh)/Hc			
		за первые 10 лет			0,90	
		10 – 15 лет				
		15 – 20 лет				
		20 – 25 лет				
10.	Оценка территории по подтопляемости			потенциально подтопляемая		
11.	Расчетный срок подтопления территории		tc=(he-Hc)/V, лет	4,30		

12.	Степень потенциальной подтопляемости территории 1 степень до 5 лет I класс II класс 2 степень до 10 лет I класс II класс 3 степень до 15 лет I класс II класс 4 степень до 20 лет I класс 5 степень до 25 лет I класс		1
13.	Критерий типизации по подтопляемости		I Потенциально подтопляемые (Нкр/(Нср - dH) >= 1)

Выводы и рекомендации

На территории алматинской городской агломерции выделено 3 основные группы опасных геологических процесов, приуроченных к определенным районам: 1- Оползни, обвалы, селевые явления, развивающиеся в предгорных районах города; 2 - подъем уровня подземных вод в центральной части города на участках действующих водозаборов; 3 – подтопление отдельных районов в северной части города. Подтопление участков в северной части города Алматы происходит вследствии уменьшения естественной дренированности территории за счет засыпки и планировки существующих понижений в рельефе и речек Карасу. Решающим фактором для подтопления данной территории являются весеннее снеготаяние и аномальные дожди.

Анализ мониторинговых наблюдений на экспериментальном участке и выполненная на их основе оценка потенциальной подтопляемости территории позволил отнести данную территорию к первой степени по потенциальной подтопляемости. При этом, расчетный срок подтопления территории составит от 4 до 5 лет. Учитывая динамику процесса подтопления территории в северной части города, возникает необходимость создания геофильрационной модели для прогнозной оценки развития процесса подтопления зданий и сооружений данной территории.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ахмедсафин У.М., Шлыгина В.Ф., Шестаков Ф.В., Мирлас В.М. Формирование, прогноз, управление режимом подземных вод конусов выноса (на примере предгорного шлейфа Заилийского Алатау//Наука - Алма-Ата, Казахская ССР. - 1978 - 153 с.

(2) Ахмедсафин У.М., Мирлас В.М., Шлыгина В.Ф., Шестаков Ф.В. Отчет Института гидрогеологии и гидрофизики. Исследования и прогноз режима уровней подземных вод под воздействием антропогенных факторов на Алмаатинском бассейне для целей микросейсморайонирования - АН КазССР за 1974-1977 гг.

[3] Ахмедсафин У.М., Шлыгина В.Ф., Шестаков Ф.В., Мирлас В.М. Илийский артезианский бассейн//Наука - Алма-Ата, КазССР. – 1980 - 146 с.

[4] Аверин И.В., Ракитина Н.Н., Кокорев И.В., Букреев Д.С. Определение степени потенциальной подтопляемости и прогнозная оценка возможного изменения уровня грунтовых вод застраиваемых территорий//ВЕСТНИК МГУ. - 2009. - № 3. - С. 235-237.

[5] Леггет. Р. Города и геология - Перевод с английского: Махлин В.З.; редактор: Минеев Д.А.. - Москва: Мир, 1976. - 559 с. (R.F.Legget. Cities and Geology - New York: McGraw-Hill Book Company, 1973 - 559 p.)

(7) Сальменов Е.З. , Борисов В.Н. Отчет. Проведение инженерно-геологических работ вдоль горной части Заилийского Алатау в районе Талгара, Алматы, Каскелена, подверженных опасным геологическим процессам. – 2006 - 277 с.

(10) Сальменов Е.З., Борисов В.Н. Ведение мониторинга опасных геологических процессов на Каскелен-Талгарском полигоне» за 2017-2018 г.

[11] Мустафаев С.Т., Смоляр В.А., Буров Б.В. Опасные геологические процессы на территории Юго-Восточного Казахстана. – Алматы: Гылым, 2008 - 183 с.

[12] Колотилин Н. Ф., В. П. Бочкарев и др. Инженерно-геологические условия предгорной зоны Заилийского Алатау. - Алма-Ата: Издательство Академии наук Казахской ССР, 1967 – 165 с.

[13] Шеко А.И., Круподеров В.С. и др. Методические рекомендации по организации и ведению государственного мониторинга экзогенных геологических процессов. – Москва: ВСЕГИНГЕО, 1997 - 39 с.

[14] Шеко А.И., Круподеров В.С. и др. Методические рекомендации по проведению специального инженерно-геологического обследования и составления карт районов, потенциально опасных и подверженных оползням, обвалам и другим экзогенным геологическим процессам. – 1-е изд. – Москва: ВСЕГИНГЕО, 1979 - 81 с.

[15] Шеко А.И., Круподерова В.С. Методы долговременных региональных прогнозов экзогенных геологических процессов. – Москва: ВСЕГИНГЕО, Недра, 1984 - 167 с.

Zhakyp A., Mirlas V., Auelkhan E.
Алматы агломерацияның аумағындағы қауіпты инженерлік және геологиялық процесстері.
Түйіндеме: Мақалада Алматы қаласының солтүстік бөлігінде орналасқан тәжірибелік аумақтың жерасты су деңгейінің көтерілу процессі зерттелген, соған байланысты жүргізілген зерттеулердің нәтижелері келтірілген. Солтүстік бөлігіндегі аудандардың жерасты су деңгейінің көтерілу себебі, жер бедерінің және Қарасу өзендерінің толысуы мен жоспарлануына, аумақтың табиғи дренажының азаюымен байланысты деген қорытындыға келді. Сонымен қатар, бұл аумақтың жерасты суының көтерілудің шешуші факторы - көктемгі қар еруі және аномал жаңбыр. Ғимараттар мен құрылыстардың жерасты суынның көтерілу процесінің дамуын, болжамдау мен бағалау үшін геофильтрация моделін құру қажеттілігі атап өтілді.
Түйін сөздер: қауіпты геологиялық процесстері, қалалық аймақ, жерасты су деңгейінің көтерілуі, жерасты су, мониторинг.

УДК 502.05

[1]A.T. Beketova, [1]Zh.G. Berdenov, [2]D.C. Ilieș, [1]G.M. Dzhanaleeva,
[3]E.H. Mendybayev, [2]A. Ilieș
([1]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan.
[2]Universitity of Oradea, Faculty of Geography, Tourism and Sport, Romania
[3]K.Zhubanov Aktobe regional State University, Aktobe, Kazakhstan.
E-mail: atbeketova@mail.ru, berdenov.87@mail.ru, iliesdorina@yahoo.com)

FEATURES OF THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE FLOODLAND SOILS OF THE ZHAYIK RIVER (IN THE KARGALINSKY DISTRICT OF THE AKTOBE REGION)

Abstract. In this scientific work, the soils of the floodplain of the Zhaiyk River within the Kargalinsky district of the Aktobe region were studied. The paper describes the main methods of migration of heavy metals in soils. The paper gives a characteristic of the soil cover of the key site, a description of the soil pits. The study area was divided into soil subzones and areas to determine the patterns of HM distribution. The result of our research was the determination of the chemical composition of the selected soil samples.
Keywords: soil, floodplain soils, heavy metals, accumulation, distribution.

[1]А.Т. Бекетова, [1]Ж.Г. Берденов, [2]Д.К. Илиеш, [1]Г.М. Джаналеева,
[3]Е.Х. Мендыбаев, [2]А. Илиеш
([1] Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева, Нур-Султан, Казахстан.
[2] Университет Орадэя, географический факультет, кафедра туризма и спорта, Румыния.
[3]Актюбинский региональный государственный университет им. К.Жубанова, Актобе, Казахстан.)

ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ РЕКИ ЖАЙЫК (В ПРЕДЕЛАХ КАРГАЛИНСКОГО РАЙОНА АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Аннотация. В работе исследованы почвы поймы реки Жайык в пределах Каргалинского района Актюбинской области. Описаны основные методы миграции тяжелых металлов в почвах. Дана характеристика почвенного покрова ключевого участка, описание почвенных шурфов. Территория исследования была разделена на почвенные подзоны и районы для определения закономерностей распределения ТМ. Итогом исследования стало определение химического состава отобранных образцов почвы.
Ключевые слова: почва, пойменные почвы, тяжелые металлы, накопление, распределение.

Введение. В последнее время проблема взаимодействия человеческого общества с природой приобрела особую важность и остроту. Решение проблемы сохранения качества жизни человека немыслимо без определенного осмысления современных экологических проблем компонентов природной среды: сохранение эволюции живого, генофонда флоры и фауны, сохранение чистоты и продуктивности природных сред (атмосферы, гидросферы, почв, лесов и т. д.) [1].

Почвенный покров Земли представляет собой важнейший компонент биосферы Земли. Именно почвенная оболочка определяет многие процессы, происходящие в биосфере. Изучение почвенного покрова имеет большое значение для всего населения в целом. Почве принадлежит особая роль в решении задач по обеспечению основных потребностей человека. Изучение почвы имеет большое значение не только для государства, но и для населения в целом, поскольку использование почвенных ресурсов возрастает с каждым годом.

Почва – особое органоминеральное естественноисторическое природное образование, возникшее в результате воздействия живых организмов на минеральный субстрат и разложения мёртвых организмов, влияния природных вод и атмосферного воздуха на поверхностные горизонты горных пород в различных условиях климата и рельефа в гравитационном поле Земли. Почва – «зеркало» ландшафта, синтезирующее в себе все основные особенности его компонентов. Она как пространственно, так и генетически и эволюционно является компонентом других, более сложных систем – от природно-территориальных комплексов (ПТК) ранга фаций до биосферы в целом [2].

На почве развивается основная часть зелёных растений Земли, являющихся главным первичным источником пищевого и биоэнергетического материала для остальных жителей нашей планеты. В почве трансформируется и окисляется до газообразных продуктов большое количество отмирающей биомассы и, таким образом, поддерживается естественный состав атмосферы, плодородие и естественная эволюция самой почвы. Процессы, связанные с образованием и функционированием почвы, включаются в сложные круговороты (геологический, биологический, биогеохимический) вещества и энергии на Земле, которые осуществляют связь между компонентами ПТК [3].

Некоторые признаки почвы, такие как гранулометрический состав, структура, содержание гумуса и др., являются факторами, контролирующими, к примеру, состав и интенсивность экзогенных геоморфологических процессов (эрозия, эоловые процессы), преобразующих рельеф территорий, режим питания подземных вод и т.д.

Всё перечисленное выше и не только это говорит о важности изучения отдельных разностей почв и почвенного покрова в целом. Это не в меньшей степени относится и к изучению почвенного покрова как неотъемлемой составной части геосистем при комплексном физико-географическом (ландшафтном) изучении природной среды. Успешное картографирование ландшафтов (геосистем) дальнейший анализ их пространственной и генетической соподчинённости, взаимодействия будет стоять в прямой связи и с тем, насколько тщательно будет изучен и нанесён на карту почвенный покров территории исследования [4].

Территория и методы исследования. В поймах велика роль воды в процессах миграции, перераспределения и накопления тяжелых металлов (ТМ) по профилю почв, которые выражены здесь более интенсивно по сравнению с водоразделами. Жизненно важные элементы, не удержанные в биологическом круговороте на водоразделах, с грунтовыми и поверхностными водами поступают в поймы и частично закрепляются в почвах. При инфильтрации паводковых вод происходит также вынос их в растворенном, коллоидном и суспензионном состоянии из одних почвенных горизонтов в другие и даже за пределы почвенного профиля. Это создает значительную пестроту распределения ТМ в пойменных почвах. Существенный вклад в нарушение закономерностей распределения ТМ вносит аллювиальный процесс [5], в результате которого в разных частях поймы отличается неодинаковый по составу и обогащенности ТМ наилок.

Поэтому для выявления содержания, закономерностей распределения и миграций химических элементов необходимы детальные глубокопрофильные исследования всего разнообразия почв с учетом их приуроченности к разным типам пойм и с учетом особенностей их строения.

Для выявления особенностей распространения ТМ в пойменных почвах определены содержание и профильное распределение меди, цинка, никеля, марганца, молибдена, кобальта, свинца, кадмия и других менее распространенных элементов в аллювиальных дерновых, лесолуговых, аллювиально-луговых насыщенных, луговых темных мощных, лугово-болотных, луговых солончаковато-солонцеватых и др. почвах [6] поймы р. Жайык в пределах Каргалинского района Актюбинской области.

Территория исследования расположена в северной части Каргалинского района, по тальвегу которой проходит государственная граница Казахстана с Россией (рисунок 1).

Тяжелые металлы в аллювиальных дерновых насыщенных почвах прируслової части поймы реки Жайык изучались в течении 2019 и 2020 гг. В ходе полевого исследования нами было заложено 16 полнопрофильных разрезов где производились морфологическое описание профилей и отбор почв с последующим их анализом по следующим показателям: гранулометрического, минералогического, валового химического состава по слоям, содержание гумуса (по Тюрину), содержание обменных оснований, содержание тяжелых металлов по ГОСТ 22036-2014 [7]. Для эксперимента образцы почв отбирались в соответствии с ГОСТ 17.4.4 02-84. В качестве эталонов сравнения использовались образцы почв – южные черноземы и темнокаштановые почвы с

территории залежных земель в восточной части Каргалинского района в близи села Григорьевка у поймы реки Шошка.

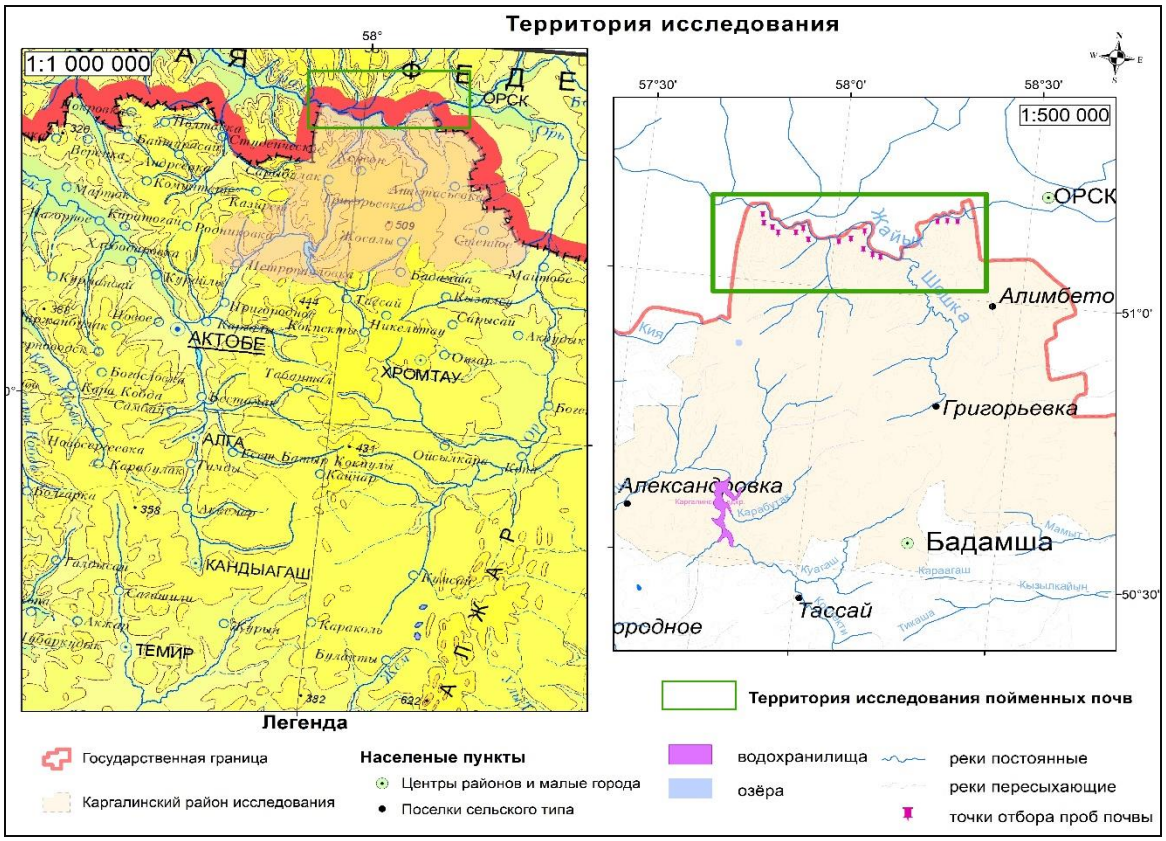


Рис. 1. Территория исследования

Анализ и результаты обсуждения.

Для Каргалинского района характерна безлесная степь с балками и оврагами и горные участки северной части системы Мугоджары [8]. Территория района исследования расположена в степной и сухостепной зонах с выделением двух почвенных подзон: черноземов южных и темно-каштановых почв. В основном все леса района приурочены к поймам реки Жайык и его притоков, что отражает актуальность исследования. По характеру рельефа территория района разделяется на равнину и мелкосопочник. Большая часть площади исследования представлено полого-увалистой и холмисто-увалистой равниной, изрезанной балками, оврагами, лощинами.

Анализировались почвенные образцы, отобранные из разрезов по генетическим горизонтам (А, В, С). Валовое содержание большинства ТМ определялось методом ретгеноспектрального анализа в ТОО «Алия и КО». Полученные результаты систематизированы для каждого типа почв по генетическим горизонтам, что позволяет более четко выявить пределы колебаний содержания каждого элемента, их распределение и миграцию в почвенном профиле.

Как показали наши исследования и литературные источники [9, 10] исследуемые почвы формируются преимущественно на легких аллювиальных отложениях при затоплении паводковыми водами и относительно глубоком залегании грунтовых вод (от 2-3 м. до 4-6 м.). Водный режим их неустойчивый, паводковые воды быстро инфильтруются за пределы почвенного профиля вследствие высокой водопроницаемости и малой влагоемкости почв. Поемный и аллювиальные процессы затушевывают влияние собственно почвообразовательного процесса. Поэтому для рассматриваемых почв характерно слоистое строение почвенных профилей и слабое их развитие. Нередко в профиле этих почв имеются погребенные горизонты тяжелого гранулометрического состава, сформировавшиеся в прошлом в условиях облесенных бассейнов и слабом проявлении аллювиального процесса.

В результате исследования почвенные подзоны нами разделены на четыре почвенных района (для определения распределения ТМ): 1-аллювиальные дерново-луговые насыщенные почвы, 2-

луговые темные, насыщенные почвы, 3- лугово-болотные аллювиальные почвы, 4- аллювиальные солончаково и солончаковато-солонцеватые почвы.

Результаты исследования. Исследования аллювиальных дерново-луговых насыщенных почв показало, что при широком колебании содержания ТМ по вертикальному профилю в слоях одинакового гранулометрического и минералогического состава эти колебания в отношении многих элементов резко сужаются (табл.1).

Таблица 1. **Колебания содержания тяжелых металлов в аллювиальных дерново-луговых насыщенных почвах (мг/кг)**

Содержание	Механический состав					
	глинистые	т/суглинистые	суглинистые	л/суглинистые	супесчаные	песчаные
Частиц в %	Гор. A_0	Гор. A_1	Гор. A_2	Гор. В	Гор. B_c	Гор. С
< 0,01 мм	62-85	45-54	34-42	21-29	11-19	3-10
< 0,001 мм	43-70	32-35	23-28	9-21	4-16	1-4
Гумуса в %	3.4-7.2	2.5-7.9	0.5-8.3	0.2-5.7	0.3-1.5	0.02-1.0
ТМ						
Медь	6-30	6-20	8-10	6-10	6-10	4-8
Никель	18-32	26-32	8-21	1-18	2-10	1-10
Кобальт	3-11	7-15	1-10	1-9	1-8	0-6
Свинец	11-21	10-30	10-31	2-30	6-20	1-10
Цинк	22-32	30-38	10-31	20-40	7-30	1-30
Молибден	0-1	1-6	1-2	0-1	0-1	0-1
Марганец	340-851	542-930	90-150	100-120	10-425	10-300
Кадмий	0,9-1,0	0,6-0,9	0.8-1.1	0,5-0,6		
РН-водный	7-7.8	6.8-7.7	6.5-7.8	6-7.4	6.2-7.8	6.8-8.0

Преобладающие в характеризуемых почвах супесчаные и песчаные слои отличаются очень низким содержанием почти всех изучаемых элементов. Так, количество меди, никеля, кобальта колеблется от 0 до 10 мг/кг, Mo - 0-1, а содержание Pb колеблется в пределах 1-10мг/кг.

Для легкосуглинистых и суглинистых слоев характерно увеличение меди, никеля, кобальта до 1-21, Mo - 0-2, Pb - 2-31 мг/кг, для тяжелосуглинистых и глинистых слоях их количество увеличилось соответственно - 3-32, 0-6, 10-31 мг/кг.

На распределение марганца кроме гранулометрического состава оказывает влияние наличие его новообразований в почвенном профиле. Минимальное количество марганца отмечено в песчаных и супесчаных слоях (от следов до 77 мг/кг, а при наличии марганцово-железистых новообразований до 150-425 мг/кг, а максимальное - в тяжелосуглинистых и глинистых (до 340-542 и 850-2930 мг/кг в слоях с новообразованиями).

В поймах с луговыми темными, насыщенными и лесолуговыми почвами, которые формируются в центральной пойме под влиянием древесной и травянистой растительностью на глинистых и суглинистых отложениях в условиях длительного затопления полыми водами, слабой выраженностью аллювиального процесса (ежегодно откладывается слой всего 0,25-0,5 см), неглубокого залегания грунтовых вод (выше 2 м) почвообразование протекает интенсивно и практически не прерывается аллювиальным процессом, что приводит к отчетливой дифференциации профиля на генетические горизонты по темно-каштановому луговому типу. С геохимической точки зрения почвообразование в центральной пойме отличается интенсивным биологическим круговоротом элементов [11] и накопительным типом баланса вещества [12]. Эти почвы

характеризуются постоянным убывающим профильным распределением гумуса гуматно-кальциевого типа [10, с. 185].

Сравнительная однородность гранулометрического состава в метровой толще их профиля обусловили значительную однородность распределения ТМ по генетическим горизонтам. Нарушение ее происходит под влиянием биогенной аккумуляции Си, Zn, Ni, Mn в верхней части гумусового горизонта (табл. 2).

Таблица 2. **Пределы колебаний содержания тяжелых металлов в луговых темных мощных насыщенных почвах (мг/кг)**

Содержание	Генетические горизонты и глубина в см.			
1. частиц в %	Гор. А 0-26	Гор. В 26-75	Гор. Вс 75-120	Гор. С 120-200
> 0.01 мм	61-91	60-77	47-58	60-64
> 0.001 мм	30-60	30-58	27-38	18-40
2. гумуса в %	3.5-7.9	0.9-4.7	0.2-0.7	0-0.2
ТМ (мг/кг)				
медь	10-20	6-10	7-10	3-6
никель	8-32	6-32	2-26	1-10
кобальт	4-11	6-11	8-10	8-10
свинец	10-32	6-32	4-21	4-15
цинк	30-80	28-60	10-40	8-20
молибден	0-2	0-2	0-1	0-1
марганец	542-3580	774-2558	390-2310	380-2300
Кадмий	0,9-1,6	0,6-0,8	0,8-0,9	
РН водной вытяжки	6.8-7.2	7.0-8.3	7-8.4	7.2-8

Неоднородность почвенно-грунтовой массы существенно возрастает во второй метровой толще луговых насыщенных почв, что осложняет распределение тяжелых металлов по вертикальному профилю, исходя из этих особенностей результаты анализов послойных образцов систематизированы по глубинам 0-26см. верхняя половина гумусового горизонта 26-75 см -иллювиальный горизонт В, а 75-120 см. переходный горизонт - Вс, и 120-1 70 см горизонт С, т.е. материнская порода.

Элементы с высокой биогенной миграцией (Си, Ni, Zn, Mn) характеризуются постепенно убывающим распределением их содержания в пределах гумусового профиля. Медь, часто поглощаемая органическим веществом, с образованием металлоорганических комплексов, и минеральными коллоидами в условиях нейтральной и слабощелочной среды, накапливается, в наиболее обогащенном гумусовом слое 0-26 см. Здесь количество ее в 1,5-2 раза выше, чем в остальной части почвенного профиля.

Более подвижный цинк отличается и более широкой зоной накопления, охватывающей весь гумусовый профиль до глубины 120 см. Здесь содержание цинка в два раза выше, чем в горизонте С.

Накопление и миграция никеля аналогичны меди, но никель мало подвижный и его содержание тесно связано с гранулометрическим составом горизонтов.

Марганец принадлежит к водным мигрантам и существенно меняет свою подвижность с изменением среды [13]. В то же время его содержание в почвах зависит от состава материнских пород, биогенной аккумуляции и развития процесса формирования содержащих марганец новообразований. При однородном глинистом составе горизонта А и В максимальное накопление отмечается в обогащенном гумусом верхнем слое почвы и в местах скопления марганцево-железистых новообразований. Поэтому колебание содержания марганца находится в широких пределах.

Свинец является слабо подвижным мигрантом в нейтральной и щелочной среде, которая характерна для аллювиальных луговых почв. Содержание его мало меняется по генетическим горизонтам (пределы колебанию одинаковы в гор. А и В), но заметно уменьшается на глубине более 1 м, возможно, в связи с изменением состава аллювиальных наносов.

Содержание молибдена в аллювиальных луговых почвах колеблется от 0 до 2 мг/кг, а распределение его по профилю равномерное, что объясняется его слабой водной миграцией.

Содержание кадмия в характеризуемых почвах колеблется от 0,5 до 1,1 мг/кг. Под дубравами его содержание в гумусовых горизонтах равно 0,8-0,9 мг/кг.

Старичные депрессии центральной части пойм и притеррасные поймы часто покрыты аллювиальными лугово-болотными почвами. Они характеризуются тяжелым гранулометрическим составом с высоким содержанием ила по генетическим горизонтам, гидрогенным накоплением вещества в почвенном профиле, интенсивным глееобразованием. Повышенное увлажнение пресными водами всего почвенного профиля в течение вегетационного периода ухудшает условия гумификации органических остатков и приводит к образованию гумуса фульватно-гуматного типа в гумусовом и в переходном оглеенном горизонте. Активная реакция аллювиальных лугово-болотных почв нейтральная или слабощелочная, степень насыщенности основаниями составляет 95-100%. В этих условиях происходит значительная концентрация ТМ как в верхнем гумусовом горизонте, так и особенно в переходном оглеенном горизонте В, где под влиянием пресных вод и органического вещества создается восстановительная глеевая обстановка и возникает глеевый барьер.

Распределение их в профиле лугово-болотных почв находится в прямой зависимости от процесса гидрогенного накопления. Вследствие накопления концентрации элементов из грунтовых вод в переходном оглеенном горизонте отмечается значительное превышение содержания Си, Со, Pb, Zn (табл. 3) по сравнению с менее увлажняемым гумусовым горизонтом. По содержанию Mn, Zn, Mo сравниваемые горизонты не имеют существенных различий (табл. 3).

Таблица 3. **Пределы колебаний содержания тяжелых металлов в лугово-болотных аллювиальных почвах (мг/кг)**

Содержание	Горизонты	
	А-аккумулятивный	g-глеевый
Частиц в %		
< 0,01 мм	64-71	59-64
< 0,001 мм	40-45	36-41
Гумус в %	6.7-9.5	0.7-4.6
РН водный	6.8-7.4	7.4-7.8
ТМ кадмий	0,6-0,9	0,5-1,1
Медь	10-27	20-30
Никель	10-20	8-30
Кобальт	6-10	10-30
Свинец	10-30	19-40
Цинк	60-76	58-100
молибден	1-2	1-2
марганец	542-619	464-620

На территории исследования в сочетании с собственно аллювиальными луговыми насыщенными почвами также распространены их солончаковато-солонцеватые аналоги. Аллювиальные луговые солончаковато-солонцеватые почвы сформировались под влиянием хлоридно-сульфатно-натриево-кальциевых вод со средней минерализацией от 2 до 5 г/л, уровень которых обычно не опускается ниже 1-1,5 м. Эти почвы приурочены к пониженным выровненным участкам центральной поймы. По степени солончаковатости и засоленности они весьма разнообразны. Наибольшая засоленность присуща собственно аллювиальным луговым и меньшая аллювиальным луговым слоистым почвам. Солевой состав засоленных горизонтов обычно представлен солями: гидрокарбонатом кальция, сульфатом натрия и хлористым натрием, которые постоянно присутствуют в любых горизонтах, а не постоянны: гипс, сульфат магния, гидрокарбонат магния и двууглекислый натрий. Доминирует гидрокарбонатно-сульфатно-натриевое и сульфатно-гидрокарбонатно-натриево-кальциевое засоление. По валовому химическому составу они близки к своим незасоленным аналогам, характеризуются тяжелым гранулометрическим составом, высокой карбонатностью, щелочностью, значительным варьированием содержания гумуса (табл.4), тип которого меняется от гуматного, в слабозасоленных, до фульватно-гуматного, в солонцово-солончаковых среднезасоленных почвах. По общему содержанию ТМ аллювиальные луговые

солонцевато-солончаковатые или солонцово-солончаковые мало отличаются от аллювиальных луговых насыщенных (табл.4).

Таблица 4. **Пределы колебаний содержания тяжелых металлов в аллювиальных солончаково и солончаковато-солонцеватых почв (в мг/кг)**

содержание	Глубина, (см)				
	2-12	12-27	27-45	45-80	120-130
Частиц %					
< 0,01 мм	55-84	52-68	55-73	45-68	41-78
< 0,001 мм	33-50	33-41	36-59	26-45	26-55
Гумус (в %)	3.8-9.8	1.8-3.4	0.8-3.0	0.6-1.9	0.2-2.3
РН водный	7-8.0	7.1-9.0	8.2-9.4	8.0-9.2	8.0-9.0
ТМ					
Кадмий	0,2-0,6	0,3-0,8	0,6-0,9	не опр.	не опр.
Медь	8-10	8-12	8-18	8-12	6-10
Никель	8-32	6-26	6-13	4-32	4-30
Кобальт	6-9	6-14	4-11	5-16	4-10
Свинец	9-30	8-31	10-32	6-32	6-31
Цинк	32-40	25-52	38-60	42-60	29-40
Молибден	1-2	1-4	0-2	1-2	1-2
Марганец	309-1935	534-3793	531-1780	460-838	310-4180

В верхней части гумусового горизонта с высоким содержанием органического вещества (до 7-10%) проявляется также биогенная аккумуляция Mn, Mo, Zn, Си. Все это осложняет характер распределения ТМ по профилю солонцевато-солончаковатых, солончаковых, глееватых, глеевых почв, и определяет широкое колебание их содержания по генетическим горизонтам. В пределах почвенного профиля максимальное содержание превышает минимальное в среднем по Zn в два раза, Си, Со, РЬ в 3-4-5- раз, Ni 7-8, Mn в 13 раз.

Выводы. Неоднородность гранулометрического, минералогического, валового химического состава по слоям, а также содержания и состава гумуса (гуматного и фульватно-гуматного в песчаных и супесчаных слоях, фульватно-гуматного в суглинистых и глинистых) обусловили большую пестроту и неравномерность в распределении и миграции ТМ в почвенных профилях слоистых почв.

Сопоставление результатов анализов аллювиальных луговых неоглеенных и лугово-болотных почв расположенных на рядом находящихся участках пойм, показало, что в лугово-болотных почвах отмечаются наивысшие показатели содержания большинства исследованных тяжелых металлов. Распределение их в профиле лугово-болотных почв находится в прямой зависимости от процесса гидрогенного накопления.

По степени солонцеватости в пойме р.Жайык в пределах Каргалинского района Актюбинской области выделяются слабо-, средне и сильносолонцеватые аллювиальные луговые почвы. Солончаковато-солонцеватые и солончаково-солонцеватые почвы по морфологическим признакам отличаются от обычных наличием выцветов и кристаллов солей в горизонте А или в средней части профиля и признаков солонцеватости на разной глубине.

Смена окислительно-восстановительной обстановки, реакции среды, степени солонцеватости и засоления, грунтового и поверхностного увлажнения по вертикальному профилю создает условия для развития разных видов накопления и миграции ТМ в рассматриваемых почвах. Большое значение имеет водная миграция в глеевых водах и концентрации ряда ТМ (Си, Ni, Со, Pb, Zn, Mn) на

щелочном барьере, возникающем на разной глубине профиля при смене нейтральной и слабощелочной реакции на сильнощелочную.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что для получения объективной информации о степени загрязнения, распределения и миграция ТМ в почвах необходимы глубокопрофильные исследования и систематизация их результатов по слоям разного гранулометрического состава и воздействия водорастворимых органических веществ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Ковда В.А. Почвенный покров. Его улучшение, использование и охрана. Издательство «Наука», Москва, 1981. – 462 с.

[2] Евстифеев Ю.Г. Почвы Казахской ССР. Вып.9. Павлодарская область. -Алма Ата: АН КазССР, 1966. - 416 с.

[3] Берлянт А.М., Востокова А.В., Кравцова В.И., Лурье И.К., Сваткова Т.Г., Серапинас Б.Б. Картоведение. — М.: Аспект Пресс, 2003. - 477 с.

[4] Табылдинов А.К., Ғалымжан С.Б., Берденов Ж.Г. Характеристика почвенного покрова и земельных ресурсов Аккулинского района Павлодарской области. Материалы конференции: Global Science and Innovations V. Proceedings – Gdansk: Eurasian Center of Innovative Development «DARA», 2019. - P. 192-202.

[5] Мендыбаев Е.Х., Берденов Ж.Г., Мендыбаева Г.Е., Айдарова А. Закономерности распределения тяжелых металлов в почвах города Актобе. Вестник КазНИТУ. Серия Науки о Земле. - Алматы: КазНИТУ, 2018. - 15 (125). - С. 30-36.

[6] Кабиев Е.С., Берденов Ж.Г., Джаналеева Г.М., Мендыбаев Е.Х. Характеристика почвенного покрова современной дельты реки Жайык. Вестник КазНИТУ, серия Науки о Земле. - Алматы: КазНИТУ, 2019. - №3 (133). - С. 20-26.

[7] ГОСТ ISO 22036-2014. Качество почвы. Определение микроэлементов в экстрактах почвы с использованием атомно-эмиссионной спектрометрии индуктивно связанной плазмы (ИСП-АЭС).

[8] Берденов Ж.Г., Джаналеева Г.М., Мендыбаев Е.Х. Ландшафтно-геохимические особенности зоны формирования стока Илекской макрогеосистемы (Мугоджарских гор). Вестник ВКГТУ: Серия географическая. - Усть-Каменогорск, 2014. -№4. - С. 16-23.

[9] Ахтырцев А.Б., Адерихин П.Г., Ахтырцев Б.П. Лугово-черноземные почвы Центральных областей Русской равнины. - Воронеж, изд-во ВГУ, 1981. – 173 с.

[10] Ахтырцев Б.П. Ахтырцев А.Б. Почвенный покров Среднерусского Черноземья. - Воронеж. Изд-во Воронежского университета, 1993. – 214 с.

[11] Добровольский В.В. Основы биогеохимии Учебник для студ. высш. учеб, заведений / Всеволод Всеволодович Добровольский. - М.: Издательский центр «Академия», 2003. - 400 с.

[12] Ковда В.А. Основы учения о почвах. - М.: Наука, кн. 1, 1973. – 354 с.

[13] Перельман А.И. Геохимия. - Москва, 1979 г. - 423 с.

Бекетова А.Т., Берденов Ж.Г., Илиеш Д.К., Джаналеева Г.М., Мендыбаев Е.Х., Илиеш А.

Жайық өзені аңғарының топырағында ауыр металдардың жинақталу ерекшеліктері (Ақтөбе облысы қарғалы ауданы шегінде)

Түйіндеме: Берілген ғылыми жұмыста Ақтөбе облысы Қарғалы ауданы шегіндегі Жайық өзені аңғарының топырағы зерттелді. Жұмыста топырақтағы ауыр металдардың таралуының негізгі әдістері сипатталған. Жұмыста негізгі аймақтың топырақ жамылғысының және топырақ шурфтарының сипаттамасы келтірілген. Зерттеу аумағы ауыр металдардың таралу заңдылықтарын анықтау үшін топырақ зонашықтарына және аудандарға бөлінді. Біздің зерттеуіміздің нәтижесі жиналып алынған топырақ үлгілерінің химиялық құрамын анықтау болды..

Түйін сөздер: топырақ, өзен аңғарының топырағы, ауыр металдар, жинақталу, таралу.

УДК 551.8 (762)

A. Abetov, D. Mukanov
(Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан,
E-mail:dauletmuk@mail.ru)

KAZAKHSTAN CODE OF PUBLIC REPORTING ON EXPLORATION OIL AND GAS RESOURCES AND RESERVES - INTEGRATION INTO THE INTERNATIONAL GEOLOGICAL COMMUNITY

Abstract The article discusses positive aspects of a transition of oil and gas sector of economy of the Republic of Kazakhstan to the International system of classification of reserves of hydrocarbon fields and international standards of public geological reporting on the results of exploration for these fields.

А.Е Абетов., Д.Б. Муканов
(Satbayev University
E-mail: dauletmuk@mail.ru)

КАЗАХСТАНСКИЙ КОДЕКС ПУБЛИЧНОЙ ОТЧЕТНОСТИ О РЕЗУЛЬТАТАХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, РЕСУРСАХ И ЗАПАСАХ НЕФТИ И ГАЗА - ИНТЕГРАЦИЯ В МЕЖДУНАРОДНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО

Аннотация. В статье рассмотрены положительные аспекты перехода нефтегазового сектора экономики Республики Казахстан на международную систему классификации запасов месторождений углеводородов и международные стандарты публичной геологической отчетности о результатах геологоразведочных работ по поискам и разведке этих месторождений.

Ключевые слова: ресурсы и запасы нефти и газа, геологоразведочные работы, Казахстан, международная классификация, SPE-PRMS

Состояние вопроса

Историческая справка. Первая классификация запасов полезных ископаемых, разработанная в 1907 г. Лондонским институтом горного дела и металлургии, имела разделение на три категории: «видимая руда», «вероятная руда», «возможная руда». С течением времени она дорабатывалась и уточнялась, сохраняя первоначальную трехчленную структуру.

Основные этапы развития классификации запасов месторождений полезных ископаемых отражены на рис.1.[8]

В 1911 г. на XI Международном геологическом конгрессе для обозначения трех категорий запасов были предложены буквенные индексы- А, В, С.

В дальнейшем (в период 1936 -1964 гг.) работа по совершенствованию классификации запасов нефти и газа проводилась Американским Нефтяным Институтом-American Petroleum Institute(API).

В 1937г. произошла детализация понятия «доказанные запасы» с выделением категорий «разбуренных запасов», привязываемых даже не к месторождению в целом или к залежи, а к отдельной скважине, и «неразбуренных запасов» [4].

В 1955 г. на IV Международном нефтяном конгрессе Ф. Лаки был представлен вариант классификации с тремя, ставшими классическими категориями запасов: доказанные –вероятные – возможные с разделением первой из этих категорий на разбуренные и неразбуренные.

В дальнейшем, работа над классификацией запасов месторождений полезных ископаемых велась постоянно, вплоть до настоящего времени. Основные этапы этой расположены в следующем хронологическом порядке:

1964-1980гг: осуществлена разработка классификационных определений американским Обществом инженеров-нефтяников Society of Petroleum Engineers (SPE) Американского Института Горной, Металлургической и Нефтяной промышленности. В первой редакции классификации SPE, принятой в **1969** г., выделенные ранее категории запасов закрепляются с их изначальным делением на доказанные и недоказанные (вероятные и возможные). [4].

В **1979 г.** общество инженеров-нефтяников (SPE) приняло «Стандарт на проведение оценки и аудита информации о запасах нефти и газа», который в 1980 г. был утвержден объединенным комитетом по оценке запасов нефти и газа. Данный стандарт, впоследствии дополненный и модифицированный, сегодня является основным международным правилом аудита запасов нефти и газа.

1979г.: согласно указанию комиссии США по Ценным Бумагам и Биржам (US Security and Exchange Commission-SEC) для оценки стоимости нефтегазовых компаний при проведении финансовых операций усовершенствуется классицикация по запасам углеводородов с целью защиты интересов инвесторов и обеспечение стабильности рынка ценных бумаг.

В данной классификации обязательными к раскрытию являются доказанные запасы, как наиболее ценные для компании. Основной акцент в классификации SEC делается на положительный поток наличности, т.е. проект обязательно должен быть рентабельным.

1981-1997гг.: вносятся изменения в классификационные определения SPE. Так, в 1987 г. была подготовлена вторая редакция классификации SPE, в которой появилась категория учета неизвлекаемых запасов, а извлекаемые запасы учитывались в объеме начальных геологических ресурсов. В остальном она не отличалась от предыдущей редакции 1969 г.

1983г.: были приняты классификационные определения запасов и ресурсов углеводородов Всемирным Нефтяного Конгресса–World Petroleum Congress (WPC).

1997г.: были разработаны совместные классификационные определения по запасам/ресурсам сообществом нефтяных геологов SPE/WPC.

1999г.: в классификационные определения SPE/WPC добавлены категории ресурсов–условные и перспективные ресурсы.

2007г.: создаётся система управления углеводородными ресурсами (PRMS) [4]

Как отмечалось выше система управления ресурсами и запасами углеводородов (SPE-PRMS) была разработана в 1997 году обществом инженеров-нефтяников (Society of Petroleum Engineers, SPE) совместно с Мировым нефтяным конгрессом (World Petroleum Congress, WPC) и Американской ассоциацией геологов-нефтяников (AAPG). [3]

2018г: обновлена система управления углеводородными ресурсами, но в тоже время в ней сохранены основные принципы, содержащиеся в системе PRMS 2007 года.

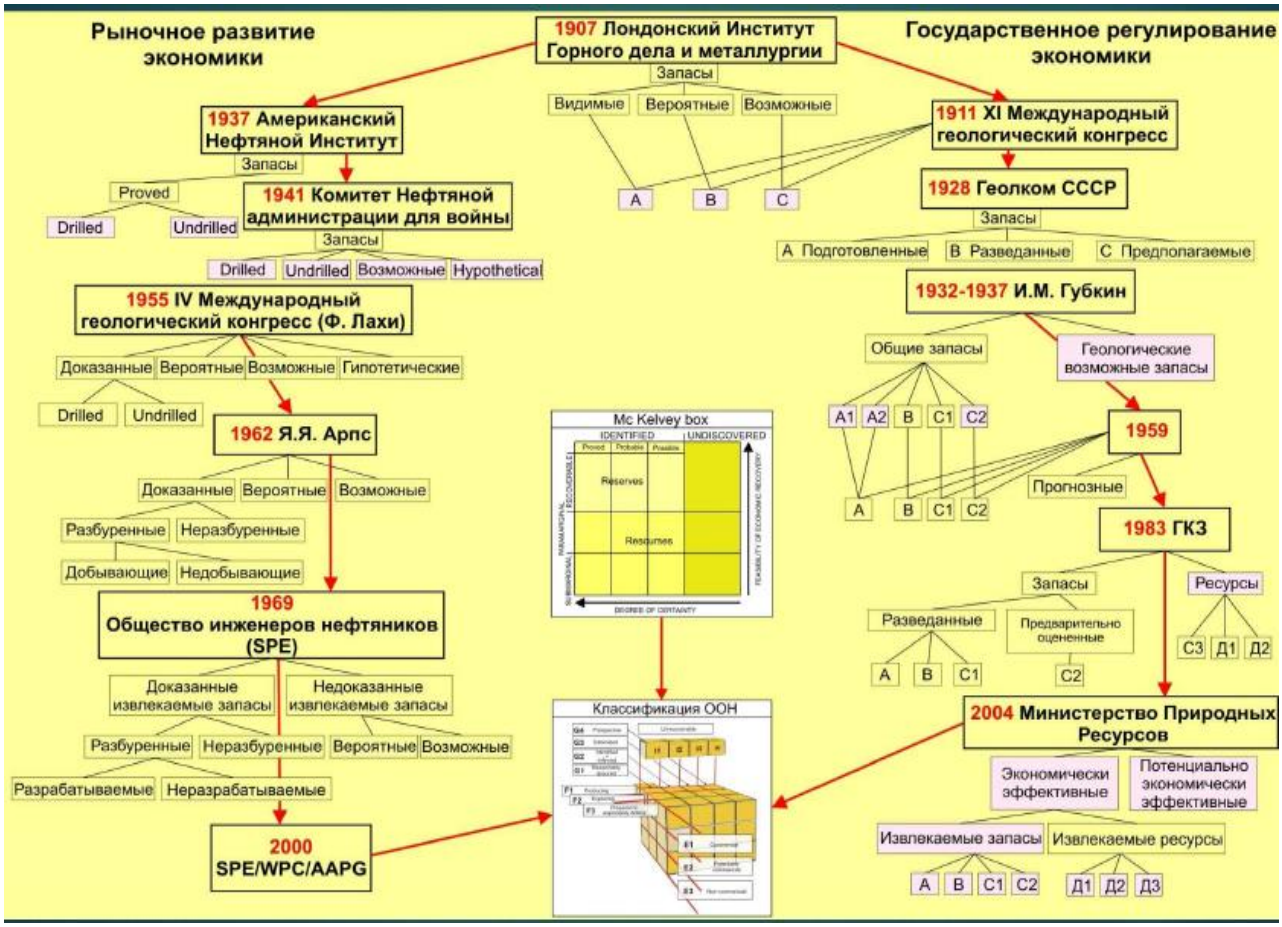


Рис 1. История развития классификации запасов в бывшем СССР и Западных странах [8]

Общие сведения о системе управления ресурсами и запасами углеводородов SPE-PRMS

SPE-PRMS - 2007

Как отмечалось выше система управления ресурсами и запасами углеводородов (SPE-PRMS) была разработана в 2007 году обществом инженеров-нефтяников (Society of Petroleum Engineers, SPE) совместно с Мировым нефтяным конгрессом (World Petroleum Congress, WPC) и Американской ассоциацией геологов-нефтяников (AAPG). [3]

Стандарты SPE-PRMS -2007 позволяют не только оценивать вероятность присутствия скоплений углеводородов, но и учитывают экономическую эффективность извлечения их запасов.

При определении эффективности принимаются во внимание такие факторы, как затраты на разведку и бурение, транспортировку, налоги, существующие цены на нефть и многое другое. Также классификация оценивает ресурсы углеводородов, выявленные за счет разведки.

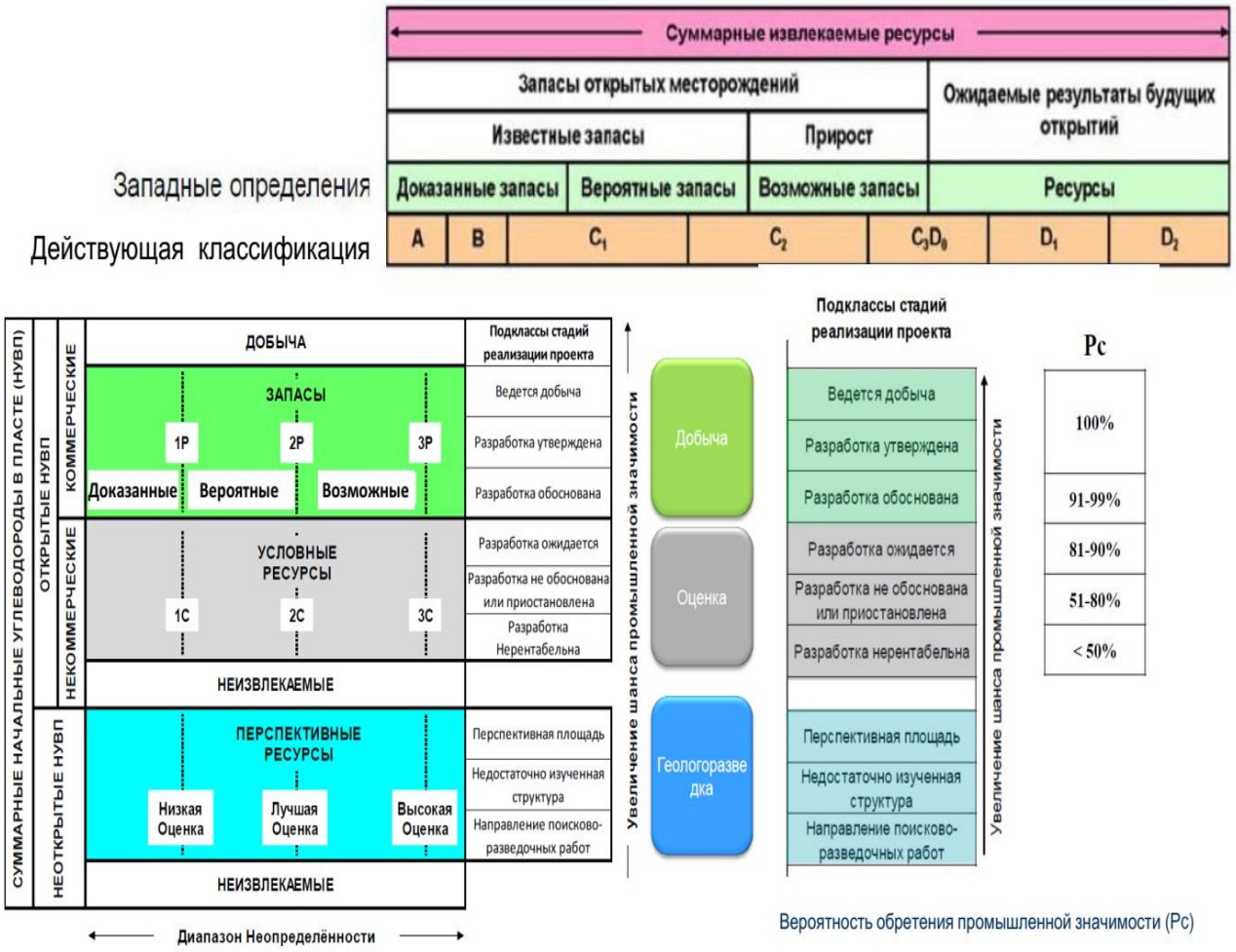


Рис.2. Сравнение классификации ресурсов и запасов SPE-PRMS 2007 и действующей классификации [3]

В целом, система управления ресурсами и запасами углеводородов SPE-PRMS - 2007 - это международный стандарт оценки и управления запасами углеводородов в недрах, которые любая компания может включить в свой портфель активов. Система является универсальной для применения во всем мире, для любого налогового режима с целью определения как традиционных, так и нетрадиционных запасов и ресурсов. [5]

Она оценивает вероятность наличия углеводородных ресурсов и экономическую эффективность извлечения запасов, учитывая возможности современных технологий и экологические нормы, налоги и актуальные цены на углеводороды, затраты на разведку, бурение, транспортировку и т.п.

Категории запасов углеводородов по стандарту SPE-PRMS-2007 в зависимости от совокупной оценки целесообразности их разработки классифицируются следующим образом: P1 - добываемая нефть, P2 - запасы вокруг работающей скважины, P3: ресурсы нефти в локализованных ловушках (рис.1). [1]

Таким образом, система управления ресурсами и запасами углеводородов SPE-PRMS - 2007 ориентирована на реальные проекты и основана на оценке вероятности коммерческого успеха проекта. Категории запа основаны на степени неопределенности оценки извлекаемых запасов. В вариантах оценки используется расчет прогнозных показателей. [5]

По данной классификации запасы делятся на категории «доказанные», «вероятные» и «возможные» в зависимости от оценки шансов их извлечения. Таким образом, у доказанных запасов шанс быть добытыми равняется 90%, у вероятных – 50%, а у возможных он самый низкий – 10%. [5]

SPE-PRMS - 2018

Является эволюционным развитием системы стандартов, которое сохраняет основные принципы, содержащиеся в системе SPE-PRMS -2007. В обновленной версии были учтены вопросы и пожелания экспертов, компаний – операторов и представителей гос.органов, которые были собраны на протяжении многих лет.

Основные принципы организации SPE-PRMS-2018 следующие:

1. Классификация является «project-based», основанная на конкретном проекте/проектах;
2. Классификация основана на вероятности коммерциализации проекта;
3. Классификация основана на анализе рисков/неопределенности по извлекаемости (recoverable uncertainty);
4. Классификация обеспечивает глубину детализации управления проектами;
5. Классификация применяется как к традиционным, так и к нетрадиционным коллекторам углеводородов;
6. Оценки запасов/ресурсов, основаны на детерминированных и/или вероятностных методах;
7. Запасы/ресурсы оцениваются по количеству продаж и количество ресурсов, расходуемых (потребляемых) в операционной деятельности (Consumed in Operations-CiO),
8. Чистые ресурсы (Net resources) распределяются на основе договорных прав [5].

В настоящее время в Казахстане все еще официально действует классификация запасов углеводородного сырья (УВС), утверждённая в 2005 году [1].

Главное её отличие от системы классификации запасов, принятой в международной практике, состоит в том, что она, являясь наследием советского периода, не учитывает коммерческую составляющую, связанную с экономической рентабельностью, концентрируясь прежде всего на степень геолого-геофизической изученности и техническую осуществимость проектов добычи углеводородов (УВ) при оптимальных условиях.

По сравнению с международными стандартами основными факторами, обусловившими различия оценки запасов нефти и газа в отечественной классификации, являются:

- большое количество категорий запасов и ресурсов углеводородов, условия выделения и обоснование которых неоднократно менялись;

-частые изменения условий выделения участков подсчета геологических запасов высоких категорий (А и В);

-различный подход к определению значений коэффициентов извлечения нефти, газа и конденсата, в конечном итоге обуславливающие объемы извлекаемых запасов углеводородов;

- игнорирование экономической оценки промышленной значимости выявленных запасов нефти и газа [4].

Поэтому, одним из актуальных направлений развития нефтегазового сектора экономики Республики Казахстан следует рассматривать окончательный переход на международную систему классификации запасов месторождений углеводородов и международные стандарты публичной геологической отчетности о результатах геологоразведочных работ по поискам и разведке этих месторождений. Сегодня этот факт уже общепризнан.

Что даёт такой переход нефтегазовой отрасли Казахстана?

Во-первых, переход на международные стандарты публичной отчётности коренным образом меняет инвестиционное поле отрасли, поскольку информация о ресурсах и запасах будет представляться в соответствии с правилами понятными в большинстве добывающих стран мира, и, соответственно, зарубежным биржам, банкам и инвесторам.

Во-вторых, необходимость обязательной регулярной актуализации информации о ресурсах и запасах месторождений нефти и газа с использованием современных горно-геологических информационных систем (ГГИС) с одной стороны и ликвидация длительных бюрократических процедур с другой - позволят своевременно и оперативно учитывать конъюнктурные изменения мирового рынка сырья.

В-третьих, широкомасштабное и повсеместное использование ГГИС значительно повысит возможности расчёта любого количества вариантов развития проектов или для их оперативной корректировки, а использование 3D технологий геологического и гидродинамического моделирования будет способствовать оптимизации производственных процессов, стабилизации добычи и транспортировки углеводородов необходимого качества на переработку и повышению прибыльности проектов.

В-четвертых, широкое внедрение всех элементов системы международных стандартов публичной отчётности в повседневную жизнь нефтегазодобывающих предприятий, существенно повысит квалификацию специалистов и обеспечит дальнейшую постепенную интеграцию нефтегазовой отрасли Казахстана в мировой отраслевой рынок.

Что сделано на сегодняшний момент для перехода на международные стандарты?

В рамках реализации программы «100 конкретных шагов», 74-м шагом закреплен переход на международные стандарты публичной геологической отчетности.

В декабре 2017 года Главой государства Н.А.Назарбаевым подписан Кодекс РК «О недрах и недропользовании» и 29 июня 2018г. он был введён в действие.

В Кодексе проработаны нормы, которые позволят значительно упростить административные процедуры предоставления права недропользования и снизить административные барьеры в целом по вопросам недропользования. [2]

Новые нормы позволят обеспечить переход к международным стандартам отчетности и оценке по запасам углеводородного сырья SPE-PRMS, необходимость которых диктуется определения перспективных направлений для инвестиций в геологоразведку и оценки возможных рисков [7].

Во исполнение этих регламентирующих документов в 2016г. было создана группа экспертов Комитета Геологии РК, которая в течение последних пяти лет провела большую работу по переводу системы отчетной документации на международные стандарты системы SPE-PRMS 2018, по организации и проведению тренингов с целью актуализации этих стандартов в Республике Казахстан.

Методы и задачи перехода

На ближайшую перспективу стоят задачи:

- доработать, утвердить и внедрить казахстанскую классификацию ресурсов и запасов нефти и газа по стандартам SPE-PRMS 20018 и Кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ по этим ресурсам и запасам;
- закрепить юридическими нормами принятые стандарты публичной геологической отчетности;
- создать профессиональную организацию/ассациацию «Общественного объединения независимых экспертов по оценке нефтегазоносного недр Республики Казахстан».

В рамках разрабатываемых документов необходимо будет принять минимальный необходимый стандарт для публичной отчетности с целью информирования потенциальных инвесторов о результатах геологоразведочных работ, ресурсов и запасов углеводородного сырья по интересующим их площадям и месторождениям.

Эти публичные отчеты должны включать годовые и квартальные отчеты компаний, пресс-релизы, информационные меморандумы, технические документы, сообщения веб-сайта и публичные выступления, но не ограничиваются ими.

Публичные отчеты должны будут подготавливаться на основе трех принципов: прозрачности, значимости и компетентности. Прозрачность предполагает – изложение всей необходимой информации относительно объекта исследования, значимость – обязательное присутствие описания всех существенных элементов информации об объекте, компетентность – квалифицированное суждение компетентного лица, обладающего соответствующим опытом, позволяющим на основании этого опыта давать компетентные оценки.

Кодекс публичной отчетности и казахстанская система классификации ресурсов и запасов нефти и газа по стандартам SPE-PRMS-2018 должны будут применимы также к любым отчётам, которые будут подготовлены для локальных целей, таких, как экологические отчёты, информационные записки, отчеты экспертов, и технические документы, относящиеся к результатам геологоразведочных работ, ресурсам и запасам скоплений углеводородов [2]

Ожидаемые результаты

Успешная реализация планов по внедрению казахстанской системы классификации ресурсов и запасов нефти и газа по стандартам SPE-PRMS-2018 и Кодекса публичной отчетности о результатах геологоразведочных работ даст старт официальному применению международных стандартов геологической отчетности в Казахстане, казахстанской фондовой бирже (KASE), казахстанским банкам и инвесторам. [2]

Кроме того, переход на стандарты SPE-PRMS-2018 позволит оценить вероятность наличия углеводородных ресурсов и экономическую эффективность извлечения запасов, учитывая возможности современных технологий и экологические нормы, налоги и актуальные цены на углеводороды, затраты на разведку, бурение, транспортировку и т.п.

После практически 30-летнего развития независимого Казахстана, приняв эти основополагающие документы, отечественная геология сделает прорыв из замкнутости советских стандартов закрытой геологической отчётности о запасах в область публичной геологической отчётности о ресурсах и запасах углеводородов.

С другой стороны, гармонизация с международной системой по запасам, позволит вести единую систему подсчёта запасов, исключить дублирование отчетности, повысить достоверность оценки и степени точности прогнозирования добычи углеводородов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] «Инструкция по классификации запасов месторождений, перспективных и прогнозных ресурсов нефти и природного углеводородного газа» Утверждена приказом Министра энергетики и минеральных ресурсов Республики Казахстан от 27 октября 2005 года № 283. (с изменениями и дополнениями от 30.10.2009г.);

[2] Кодекс Республики Казахстан от 27 декабря 2017 года № 125-VI ЗРК. с изменениями на: 29.06.2020;

[3]"Publications | The Society of Petroleum Engineers". www.spe.org. Retrieved 2017-11-28;

[4] Новиков Ю.Н. Направления развития классификаций запасов нефти и газа. Нефтегазовая геология.Теория и практика. Статья № 2_2016 г. С 1-28 ;

[5] www.spe.org/industry/docs/Petroleum_Resources_Management_System_2007;

[6] www.spe.org/industry/docs/PRMS-2018[5];

[7] Хисамов Р.С., Сафаров А.Ф., Калимуллин А.М., Дрягалкина А.А. Вероятностно-статистическая оценка запасов и ресурсов по международной классификации SPE-PRMS - Георесурсы / Georesources, 2018г. Т. 20. № 3. Ч.1. с. 158-164;

[8] https://www.spe.org/media. Система управления ресурсами углеводородов.

Абетов А.Е., Муканов Д.Б.

Геологиялық барлау жұмыстарының нәтижелері, мұнай мен газдың ресурстары мен қорлары туралы жария есептіліктің қазақстандық кодексі-Халықаралық геологиялық қоғамдастыққа кірігу қажет

Түйіндеме: Мақалада Қазақстан Республикасы экономикасының мұнай-газ секторының көмірсутегі кен орындарының қорларын жіктеудің халықаралық жүйесіне көшуінің оң аспектілері және осы кен орындарын іздеу және барлау бойынша геологиялық барлау жұмыстарының нәтижелері туралы жария геологиялық есептіліктің халықаралық стандарттары қарастырылады.

Түйін сөздер: Мұнай және газ ресурстары мен қорлары, геологиялық барлау жұмыстары, Қазақстан, Халықаралық жіктеме, SPE-PRMS

УДК 502/504(035:3):543.068:681.3

A. Aidosov, R.U. Bayamirova, A.R. Togasheva, A.T. Zholbasarova, G.E. Kunaeva, Zh.A. Islamberdiev, B.A. Shilanbaev

(Caspian State University of Technology and Engineering named after S. Esenov)

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC SAFETY OF THE INDUSTRIAL REGION AND ANALYSIS DYNAMICS QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND ON THE EXAMPLE OF SOUTH KAZAKHSTAN REGION

Abstract. The work examines the current state of the environment. Ecological problems are considered due to the main factors, wasteful use of natural resources, which reduces the productivity of the biosphere, and pollution, which threatens all life, primarily human well-being and his health. The influence of scientific and technological progress on the socio-economic problems of the world community and the state of the environment, as well as on the prospects for the development of civilization are studied. It was revealed that production growth in the Republic is accompanied by an annual increase in atmospheric air pollution. Shows the dynamics of air pollution in Kazakhstan. The growth of pollutant emissions into the atmosphere from stationary sources of city administrations and regions of the South Kazakhstan region is analyzed. The atmospheric air quality of the regional centers and cities of the region was studied determined by the mobile laboratory of the South Kazakhstan region. Some data of expeditionary verification of atmospheric air quality are given.

Key words: environmental safety, economic safety, nature management, natural resources, biosphere productivity, environmental quality, pollution, atmospheric air, pollution dynamics, ecological situation.

А. Айдосов, Р. У. Баямирова, А.Р. Тогашева, А.Т. Жолбасарова, Г.Е. Кунаева, Ж.А. Исламбердиев, Б.А. Шиланбаев
(Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО - ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В РЕСПУЛБИКЕ КАЗАХСТАН НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе исследуется ссовременное состояние окружающей среды. Рассмотрены экологические проблемы обусловлены основными факторами, расточительным использованием природных ресурсов, которое снижает продуктивность биосферы, и загрязнением, которое угрожает всему живому, в первую очередь благополучию человека и его здоровью. Изучены влияния научно-технического прогресса на социально-экономических проблем мирового сообщества и состояние окружающей среды, так же на перспективы развития цивилизации. Выялены, что рост производства в Республике сопровождается с ежегодным ростом загрязнения атмосферного воздуха. Показаны динамика загрязнения атмосферного воздуха по РК. Анализированы рост выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников городских администраций и районов Южно-Казахстанской области. Изучены качества атмосферного воздуха районных центров и городов области определяется передвижной лабораторией Южно-Казахстанской области. Приведены некоторые данные экспедиционной проверки качества атмосферного воздуха

Ключевые слова: экологическая безопасность, экономическая безопасность**,** природопользования, природные ресурсы, продуктивность биосферы, качества окружающей среды, загрязнение, атмосферный воздух, динамика загрязнения, экологического положения.

1. Общая оценка эколого- экономической безопасности региона. Современное состояние окружающей среды свидетельствует о том, что экологические проблемы обусловлены двумя основными факторами: расточительным использованием природных ресурсов, которое снижает продуктивность биосферы, и загрязнением, которое угрожает всему живому, в первую очередь благополучию человека и его здоровью. Научно-технический прогресс и обострение социально-экономических проблем способствовал глубокой озабоченности мирового сообщества состоянием окружающей среды и перспективами развития цивилизации. На этой основе 1972 г. в Первой Всемирной конференции по окружающей среде в Стокгольме по устойчивому развитию принята программа о необходимости перехода общества от экономической к эколого-экономической системе развития [1].

Концепция перехода к устойчивому развитию страны предполагает стабилизацию и сокращение уровня воздействия хозяйственной деятельности человека на окружающую среду, а также планомерное, целенаправленное и поэтапное достижение сбалансированного эколого-экономического развития страны. Несмотря на это, рост производства в Республике сопровождается с ежегодным ростом загрязнения атмосферного воздуха (таблица 1),[2].

Таблица 1. **Динамика загрязнения атмосферного воздуха по РК**

Города и области РК	2002г.	2003г.	2004г.	2005г.
Республика Казахстан	20210,7	21734,0	24345,8	24625,2
Акмолинская	310,8	372,6	303,4	407,1
Актюбинская	163,0	182,5	207,0	239,8
Алматинская	798,1	857,9	864,3	832,3
Атырауская	110,5	118,0	94,6	89,5
Западно-Казахстанская	67,3	64,6	97,1	87,6
Жамбылская	71,0	86,6	116,3	117,2
Карагандинская	5878,7	6655,2	7257,3	6824,9
Костанайская	938,0	658,7	1041,7	1064,8
Кзылординская	36,3	20,1	23,7	40,6
Мангистауская	69,5	73,8	57,7	63,6
Южно-Казахстанская	173,5	120,4	162,6	211,0
Павлодарская	9083,9	9956,7	11390,8	11486,1
Северо-Казахстанская	614,5	635,2	715,2	728,0
Восточно-Казахстанская	1159,8	1149,3	1257,5	1648,3
г.Астана	636,7	655,3	666,0	659,8
г.Алматы	99,1	127,1	90,6	124,6

Как видно из таблицы 1, с 2002-2005гг. наблюдается ежегодный рост загрязнения атмосферы как по Республике Казахстан в целом, так и в Актюбинской, Жамбылской, Павлодарской и Северо-Казахстанской областях. Постепенный рост загрязнения с 2003-2005 гг. происходит и в Костанайской, Кзыл-ординской, Южно-Казахстанской и Восточно-Казахстанской области. По данным статистического управления наибольшее количество выбросов загрязняющих веществ в атмосферу по Республике за 2005 год - 11486,1 тыс.т. приходится на Павлодарскую область.

В период с 2002-2005 гг. доля загрязняющих веществ выброшенного в атмосферу без очистки составил с 8,2-8,9%., а 2006 г. выброс загрязняющих веществ отходящих от стационарных источников ЮКО без очистки составил 17,2%.

Доля загрязняющих веществ РК от общего количества загрязнения в последние годы (тыс.тонн) приведены на рисунках 1,2,3,4.

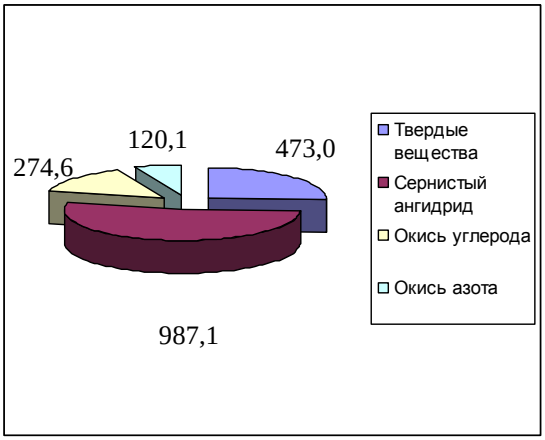


Рис.1. Доля загрязняющих веществ выброшенных за 2002 г.

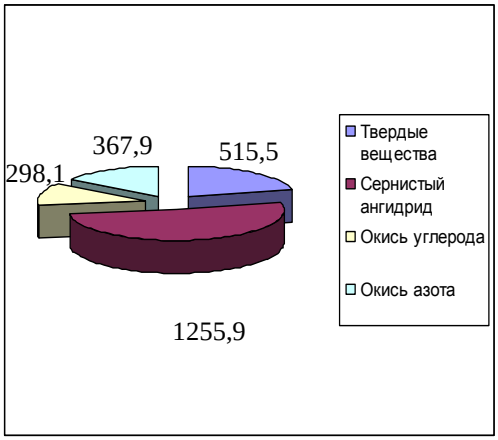


Рис.2. Доля загрязняющих веществ выброшенных за 2003 г.

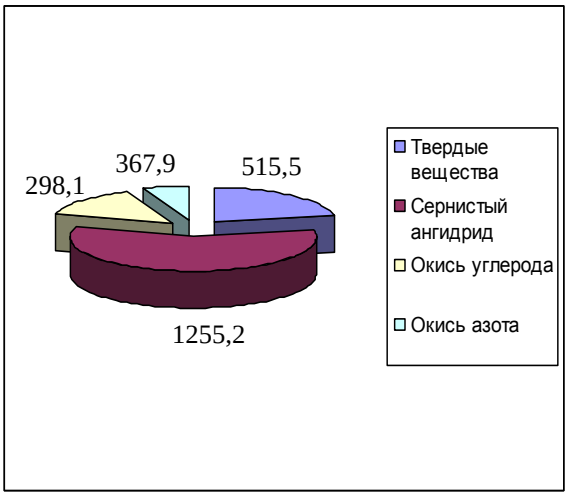


Рис.3. Доля загрязняющих веществ выброшенных за 2004 г.

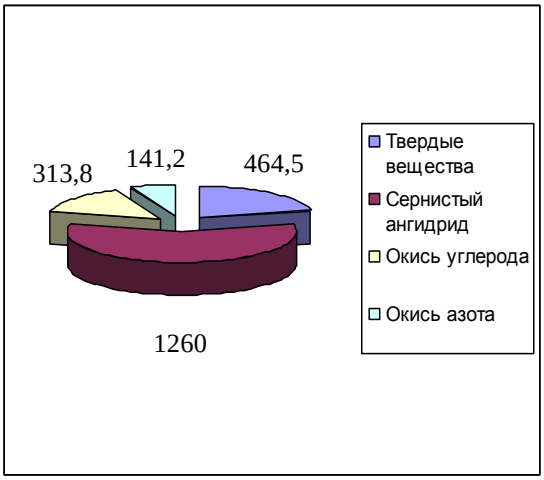


Рис.4. Доля загрязняющих веществ выброшенных за 2005 г.

Ежегодный рост загрязнения атмосферы наблюдается и в разрезе городов Республики (таблица 2).

Таблица 2. **Ежегодный рост загрязнения атмосферы в разрезе городов РК**

Города	2002г.	2003г.	2004г.	2005г.
Астана	44,5	45,9	44,8	43,9
Алматы	11,2	15,4	12,6	15,5
Актобе	71,3	86,1	104,2	129,1
Усть-Каменогорск	27,6	103,9	96,0	70,7
Зыряновск	3,5	4,3	4,5	4,4
Риддер	11,5	11,2	11,3	11,2

Глубокое	18,6	0,0	1,4	1,6
Атырау	20,5	23,9	15,5	13,7
Актау	0,3	1,6	9,8	27,8
Тараз	7,9	9,0	11,6	12,1
Жезказган	137,3	137,9	147,3	144,4
Балхаш	491,2	718,6	780,8	763,9
Караганда	62,7	59,2	51,6	48,6
Темиртау	338,4	338,9	348,4	320,9
Кзылорда	27,8	15,2	19,9	36,3
Кокшетау	4,3	7,7	7,0	5,5
Костанай	5,9	9,4	5,7	3,0
Аркалык	4,3	4,5	2,8	4,5
Рудный	59,8	76,8	63,9	69,1
Павлодар	103,6	146,9	145,8	150,7
Аксу	144,1	162,3	161,5	148,3
Экибастуз	192,7	194,6	137,2	138,2
Петропавловск	37,0	38,6	42,0	42,1
Семипалатинск	27,0	31,3	32,7	35,6
Талдыкурган	3,9	5,3	5,3	4,5
Уральск	2,0	1,5	2,1	2,1
Шымкент	18,2	23,2	27,9	34,0

Из таблицы 2 видно, что самым загрязненным городом Республики является город Балхаш.

Рост выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников наблюдается и в ряде городских администраций и районов Южно-Казахстанской области 2005-2006 гг. (таблица3) [3].

Таблица 3. **Рост выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников городах и районов ЮКО 2005-2006 гг**

	2005г.		2006г.	
	т	в % к итогу	т	в % к итогу
По области	**36763,1**	**100,0**	**38921,5**	**100**
г.Шымкент	34020,1	92,5	35488,0	91,2
г.Арыс	312,4	0,8	361,9	0,9
г.Кентау	323,4	0,9	346,5	0,9
г.Туркестан	132,8	0,4	134,5	0,3
Казыгуртский район	23,3	0,1	22,1	0,1
Мактааралский район	314,6	0,9	289,0	0,7
Ордабасынский район	41,4	0,1	174,5	0,4
Отырарский район	36,4	0,1	36,4	0,1
Сайрамский район	191,0	0,5	309,0	0,8
Сарыагашский район	221,4	0,6	59,9	0,2
Созакский район	413,0	1,1	460,4	1,2
Толебийский район	298,1	0,8	428,1	1,1
Тулкибасский район	433,2	1,2	809,2	2,1
Шардаринский район	2,0	-	2,0	-

Из приведенных данных видно, что наибольшее количество загрязняющих веществ приходится к промышленным городам, где сосредоточены большое количество источников выброса загрязняющих веществ. Эти источники загрязнения преимущественно оснащены малоэффективными очистными устройствами. Кроме того, до сих пор многие источники загрязнения выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества без очистки. Что свидетельствует неполноценном выполнении промышленными предприятиями положений концепции перехода к устойчивому развитию страны.

Южно-Казахстанская область занимает территорию 117,3 кв.км. и включает в себя 11 районов и четыре города (Кентау, Арысь, Туркестан и Шымкент).

Согласно экологического положения и степени загрязнение окружающей среды территорию области можно разделить на следующие категории:

1. Экологический предопасный территория, т.к. Арысский, Отрарский, Созакский, Шардаринский районы и город Туркестан входит предэкологический опасной Аральской зоне.

2. Промышленной зоне относится города Шымкент и Кентау.

3. Территория постоянной антропогенной нагрузки, из-за функционирования более двадцати крупных промышленных предприятии цветной металлургии, нефтехимии, строительной индустрии, теплоэнергетики, пищевой промышленности, сельского хозяйства и других отраслях производства, которые загрязняют атмосферу вредными веществами.

2.Качество атмосферного воздуха. Контроль атмосферного воздуха города Шымкента производится четырьмя стационарными постами.

Значение предельно-возможной концентрации (ПВК) загрязняющих веществ в населенных пунктах является основным показателем качества атмосферного воздуха.

Годовая концентрация загрязняющими веществами города следующая:

- пыли - 2 ПВК;
- формальдегида – 4,7 ПВК;
- диоксид азота - 1 ПВК.

Максимальное значение загрязнения города по ингредиентам зарегистрировано:

- формальдегид – 0,036 мг/м^3 (103 ПВК) в пункте наблюдение загрязнения №3 находящегося в районе цементного поселка;
- диоксид азота – 0,29 мг/м^3 (3,4 ПВК) в пункте наблюдение загрязнения №2 находящегося в площади Ордабасы.

По остальным ингредиентам концентрация загрязняющих веществ в норме.

Качества атмосферного воздуха районных центров и городов области определяется передвижной лабораторией Южно-Казахстанской областной гидрометеорологии «Атмосфера-2». Ниже приведены некоторые данные экспедиционной проверки качества атмосферного воздуха.

Ленгер: Источниками загрязнения атмосферы являются автотранспорт, тепловые центры, пищевая производство и индивидуальный жилой сектор. Средняя концентрация пыли в городе 4 раза, формальдегида – 4,3 раза, оксид углерода – 1,0 раза и диоксид азота 1,3 раза выше ПВК.

Арысь: Основными источниками загрязнение являются мелкие производства, тепловой центр, локомотивное депо и жилой сектор. В ходе проверки выявлены концентрации пыли 4,7 раза, формальдегида 4,3 раза и диоксид азота 1,3 раза выше ПВК.

Сарыагаш: Основными источниками загрязнение являются мелкие производства, тепловой центр и жилой сектор. В процессе замера загрязняющих веществ города выявлены превышения ПВК концентрации пыли 4,0 раза, формальдегида- 5,3 раза и диоксида азота 1,0 раз.

Жетысай: Основными источниками загрязнения населеного пункта являються хлопкоочистительный завод, тепловой центр, пищевая производство и жилой сектор. Превышение концентрации загрязняющих веществ наблюдаются по пыли – 4,7 раза, диоксида азота – 1,0 раза, формальдегида 5,3 раза, оксида углерода 1,3 раза.

Шардара: Основними источниками загрязнения являються гидроэлектростанция, автотранспорт, и жилой сектор. Превышение концентрации загрязняющих веществ наблюдаются по пыли – 4,0 раза, диоксида азота – 1,0 раза, формальдегида 5,7 раза.

Основной производственный потенциал Южно-Казахстанской области сосредоточены в городе Шымкенте и в его окрестностях. Основными загрязнителями атмосферы являются АО„Южполиметалл”, АО “Петро Казакстан Ойл Продактс”, АО “Шымкентцемент”, АО „Энергоцентр-3” и другие. Годовые объемы выбросов приведены в таблице 4.

Таблица 4. **Годовые объемы выбросов производственного потенциала г. Шымкент**

Предприятие	Годовой объем выброса	
	т/год	% общего объема по области
АО “Петро Казакстан Ойл Продактс”	14254,4	45,8
АО “Южполиметалл”	5761,7	18,5
АО “Шымкентцемент”	1650,9	5,3
АО “Енергоцентр-3”	1568,4	5,04

Согласно статистических данных 2004 года выбросы в атмосферу загрязняющих веществ по области составил 31 тыс. т.

Динамика загрязняющих веществ в атмосферу от стационарных источников, согласно даннях областной статистической управлении приведены в таблице 5.

Таблице 5. **Динамика загрязняющих веществ в атмосферу**

	2003	2004
Южно- Ка́зака́станская область	27702,4 тонн	31075,8 тонн

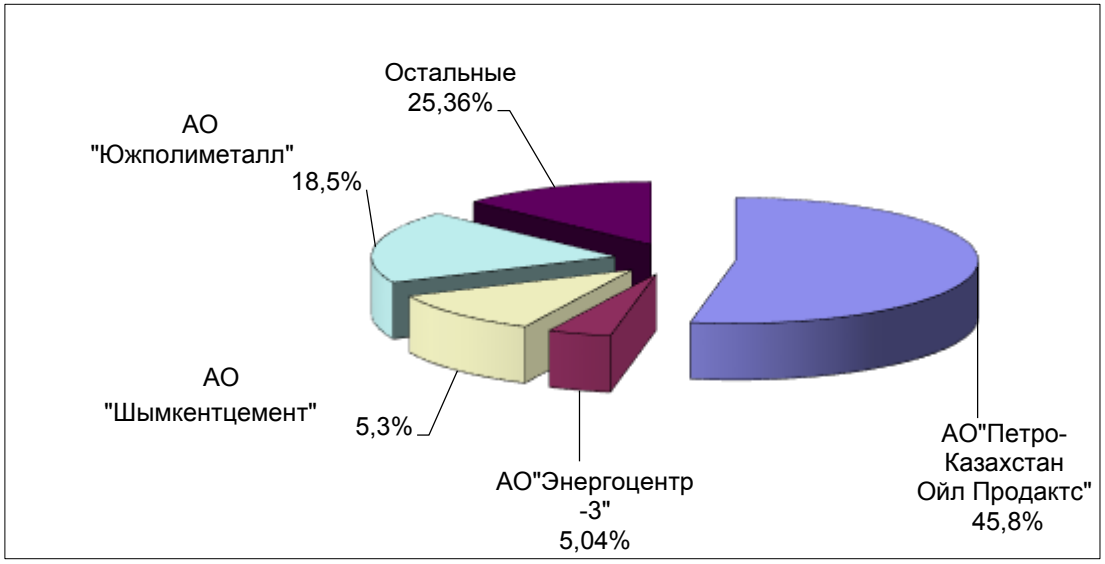


Рис.5. Вклад загрязняющих атмосферу веществ крупных предприятий г. Шымкента за 2004 г.

Ингредиенты и их количества (в тоннах) выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ за 2003- 2004 г. по крупным предприятиям приведены в таблицах 6,7.

Таблица 6. **Атмосферное загрязнения в динамике за 2003- 2004 года по крупным предприятиям**

АО“Южполиметалл”	2003 г.	2004 г.
Всего	4380,0	5761,4
в том числе		
Неорганическая пыль	148,0	219,8
Свинец	13,7	20,3
Сернистый ангидрид	1635,5	3511,9
Оксид углерода	1326,8	1596,3

Увеличение количества выброса в атмосферу в АО “Южполиметалл” осуществляется из-за увеличения объема производства свинца. (2003 ж. – 27,4 тыс. т, 2004 ж. – 40,8 тыс. т).

Таблица 7. **Атмосферное загрязнения в динамике за 2003- 2004 г. АО “Петро Казакстан Ойл Продактс”**

АО “Петро Казакстан Ойл Продактс”	2003 г.	2004 г.
Всего	12340,7	14254,4
в том числе		
Зола мазута	4,237	4,081
Сернистый ангидрид	325,2	532,0
Диоксид азота	527,7	635,5
Бензол	147,3	153,2
Ксилол	94,5	102,5
Толуол	193,3	215,5
Летучие органические соединения	10129,3	11491,9
Сероводород	14,0	15,5
Аммиак	0,052	0,1

Увеличение количества выброса в атмосферу в АО “Петро Казакстан Ойл Продактс” производится вследствия введения в эксплуатацию нового теплового центра и установки переработки мазута.

Таблица 8. **Атмосферное загрязнения в динамике за 2003- 2004 г. АО “Петро Казакстан Ойл Продактс” с эксплуатацией нового теплового центра и установки переработки мазута.**

АО “Шымкентцемент”	2003 г.	2004 г.
Всего	2576,94	1650,94
в том числе		
Пыль клинкера (цемента)	251,89	360,8
Неорганическая пыль	605,1	803,37
Сернистый ангидрид	697,9	105,7
Оксид углерода	710,1	297,6
Оксиды азота	246,9	81,29
Другие ингредиенты	0,1	0,87

Снижение выброса загрязняющих веществ в АО “Шымкентцемент” осуществлена за счет установки автоматизированного газоанализатора позволяющего осуществлять непрырывный контроль за газообразными веществами.

Таблица 9. **Атмосферное загрязнения в динамике за 2003- 2004 г. АО “Шымкентцемент за счет установки автоматизированного газоанализатора**

АО“Энергоцентр-3”	2003 г.	2004 г.
Всего	998,9	1625,7
в том числе		
Сернистый ангидрид	441,9	439,8
Оксид серы	127,96	724,0
Зола мазут	16,25	42,9
Сажа	32,1	30,8
Оксид ванадия	16,0	13,32
Другие ингредиенты	0,002	0,002

Увеличения количества выбросов в атмосферу в АО“Энергоцентр-3” объясняется увеличением производства электро и теплоэнергии. Производство электрэнергии увеличился с 369592 тыс.квт.ч (2003 г.) до 426315,2 тыс. квт.ч (2004 г.)

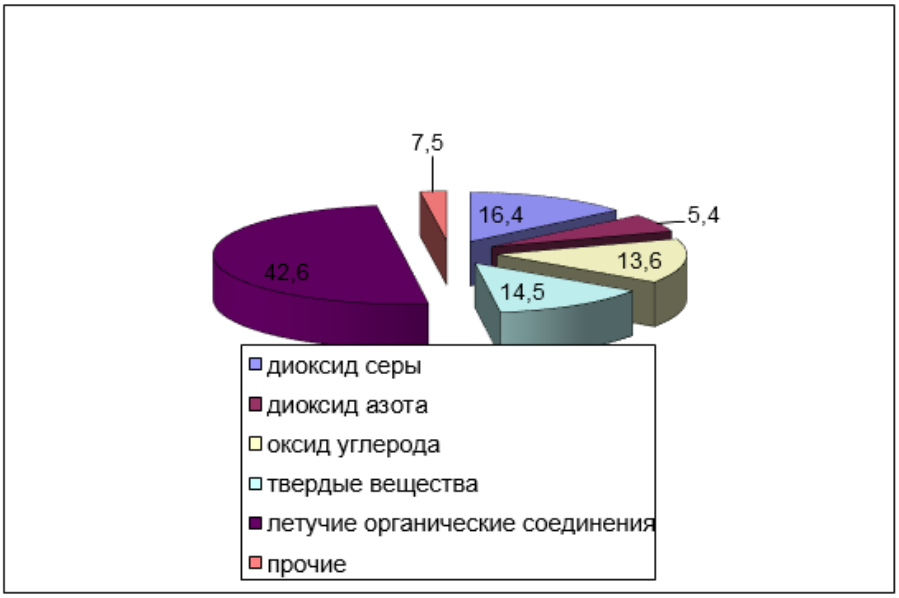


Рис.6. Доля загрязняющих веществ выбрасываемого в атмосферу от стационарных источников г. Шымкента за 2004 г, %

Согласно рисунку наибольшая доля приходится на летучие органические соединения (42,6%).

Объемы основных загрязняющих вещества (по данням статистической отчетности) города Шымкента приведены в таблице 9.

Таблица 9. **Объемы основных загрязняющих вещества в динамике за 2003- 2004 г. города Шымкента**

Загрязняющие вещества	Годовой выброс, тысяч тонна	
	2003г.	2004г.
Диоксид серы	3495,1	5103,0
Оксиды азот	1514,0	1666,4
Оксид углерода	3791,3	4233,7
Твердые вещества	4105,3	4523,7
Летучие органические соединения	11605,7	13235,3

Заключение. В работе дана общая оценка эколого- экономической безопасности региона по Республике Казахстан и ЮКО. Выяалены рост производства в Республике сопровождается с ежегодным ростом загрязнения атмосферного воздуха. В период с 2002-2005 гг. доля загрязняющих веществ выброшенного в атмосферу без очистки составил с 8,2-8,9%, а 2006 г. выброс загрязняющих веществ отходящих от стационарных источников ЮКО без очистки составил 17,2%. Определены доля загрязняющих веществ РК от общего количества загрязнения в последние годы (тыс.тонн) приведены в дигамике. Указаны ежегодный рост загрязнения атмосферы в динамике по городам Республики Казахстан. Определены, что наибольшее количество загрязняющих веществ приходится к промышленным городам, где сосредоточены большое количество источников выброса загрязняющих веществ. Эти источники загрязнения преимущественно оснащены малоэффективными очистными устройствами. Кроме того, до сих пор многие источники загрязнения выбрасывают в атмосферу загрязняющие вещества без очистки. Что свидетельствует неполноценном выполнении промышленными предприятиями положений концепции перехода к устойчивому развитию страны.

Изучена Южно-Казахстанская область, которая занимает территорию 117,3 кв.км. и включает в себя 11 районов и четыре города (Кентау, Арысь, Туркестан и Шымкент). Согласно экологического положения и степени загрязнение окружающей среды территорию области можно разделить на следующие категории: Экологический предопасный территория, т.к. Арысский, Отрарский, Созакский, Шардаринский районы и город Туркестан входит предэкологический опасной Аральской зоне. Промышленной зоне относится города Шымкент и Кентау. Территория постоянной антропогенной нагрузки, из-за функционирования более двадцати крупных промышленных предприятии цветной металлургии, нефтехимии, строительной индустрии, теплоэнергетики, пищевой промышленности, сельского хозяйства и других отраслях производства, которые загрязняют атмосферу вредными веществами. Исследованы качество атмосферного воздуха региона. Согласно по значением предельно-возможной концентрации (ПВК) загрязняющих веществ в населенных пунктах, определены основные показателем качества атмосферного воздуха региона. Выявлены годовая концентрация загрязнения загрязняющими веществами в динамике города и населенных пуктов региона.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Айдосов А.А., Айдосов Г.А. Теоретические основы прогнозирования природных процессов и экологической обстановки окружающей среды. Книга 1, Теоретические основы прогнозирования атмосферных процессов и экологической обстановки окружающей среды. - Алматы: Изд-во «Қазақ университеті", 2000.- 290 с.

[2] Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Моделирование распространения вредных веществ в нижнем слое атмосферы со свободной верхней границей воздушной массы и оценка экологической обстановки окружающей среды.// Промышленность Казахстана. – Алматы. - 2007. -№1(40). - С. 68-70.

[3] Айдосов, А. А., Г. А. Айдосов, Н. С. Заурбекова, и Г. И. Ажиева. Модельная оценка технологической нагрузки экологических компонентов в нефтегазодобывающем регионе, 160. Волкова Е.В.: Алма-Ата. 2015.

[4] Нигматулин Р.И. Методы механики сплошной среды для описания многофазных смесей // ПММ. – 1970. – Т.34, №6. – С.1097-1112.

[5] Блинова Е.И. Методы решения нелинейной задачи об атмосферных движениях планетарного масштаба // ДАН СССР. – Т.110, №6, 1956.

[6] Н.Заурбеков, А.Аидосов, Н.Заурбеков, Г.Аидосов, Г.Заурбекова & И.Заурбеков. Распространение выбросов в результате массового и энергетического обмена в атмосферном поверхностном слое: двухмерное

моделирование - источники энергии Том 40, 2018 - Выпуск 23. - Стр. 2832-2841: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15567036.2018.1511656. [Сеть Науки ®]

[7] Аллаярбек Айдосов, Байдаулет Урмашев, Гульзат Заурбекова. Моделирование распространения вредных веществ в атмосфере с изменяющимся профилем скорости - Open Engineering formerlyul Central European Journal of Engineering, том 6, вып. 1. ISSN 2391-5439. - Варшава, Польша, 2016.-264-269 стр.:https://www.degruyter.com/view/j/eng.2016.6.issue-1/eng-2016-0035/eng-2016-0035.xml?rskey=HHt9SU&result=1&q=Zaurbekova. [Сеть Науки ®]

[8] Аллаярбек Айдосов, Галым Айдосов, Нургали Заурбеков, Гульзат Заурбекова, Нурбике Заурбекова, Игилик Заурбеков. Математическое моделирование загрязнения атмосферы в промышленном регионе с целью разработки программного обеспечения информационной системы для экологической ситуации - Еколоджи, 2019, выпуск 107, стр.: 349-358.: http://ekolojidergisi.com/article/mathematical-modelling-of-atmospheric-pollution-in-an-industrial-region-with-a-view-to-design-an-5601. [Сеть Науки ®]

[9] Алларибек Айдосов, Галим Айдосов, Нургали Заурбеков, Гульзат Заурбекова, Саулет Сибанбаева, Балджан Талпакова, Багдат Заурбеков, Нурбике Заурбекова. Информационно-математическое моделирование влияния выбросов в атмосферу на здоровье населения - Ad Alta - Журнал междисциплинарных исследований, том 9, выпуск 1, специальный выпуск V. – С.: 74-79

http://www.magnanimitas.cz/ADALTA/090105/papers/B_02.pdf. [Сеть Науки ®]

[10] А.А. Айдосов, Г.А. Айдосов, Н.С. Заурбекова, Л.К. Байболова, А.М. Адамаева, Н. Дзах. Заурбекова Оценка высоты устья реки источников и влияния строительства промышленных объектов при моделировании загрязнения атмосферы выбросами - Исследовательский журнал прикладных наук 10 (2): 54-58, 2015 ISSN: 1815-932X © Medwell Journal, Пакистан, 2015 - стр. 54-58.: https://www.medwelljournals.com/abstract/?doi=rjasci.2015.54.58

[11] А.А. Айдосов, Н.С. Заурбекова, Г.А.Аидосова, К.А.Абсаматова, Г.Н Заурбекова., И.С.Заурбеков. Математическое моделирование и численные методы атмосферных процессов, определяющих перенос загрязняющих веществ при аварийных выбросах - Металлургическая и горнодобывающая промышленность No.4 - 2016, Днепропетровск, Украина, 2016. - 65-68 с. http://www.metaljournal.com.ua/assets/Journal/english-edition/MMI_2016_4/10_Aydosov.pdf

Айдосов А., Баямирова Р. У, Тогашева А. Р., Жолбасарова А. Т., Кунаева Г. Е.,
Исламбердиев Ж. А., Шиланбаев Б. А.

Өнеркәсіп аймағының экологиялық-экономикалық қауіпсіздігін бағалау және динамиканы талдау қазақстан республикасы бойынша және оңтүстік қазақстан облысы үлгісінде атмосфералық ауаның сапасы

Түйіндеме: Жұмыста қоршаған ортаның қазіргі жағдайы зерттеледі. Экологиялық проблемалар негізгі факторлармен, биосфераның өнімділігін төмендететін табиғи ресурстарды өсімдік пайдалануымен және барлық тірі, бірінші кезекте адамның әл-ауқаты мен оның денсаулығына қауіп төндіретін ластанумен байланысты. Ғылыми-техникалық прогрестің әлемдік қоғамдастықтың әлеуметтік-экономикалық проблемаларына және қоршаған ортаның жағдайына, сондай-ақ өркениеттің даму перспективаларына әсері зерделенді. Республикада өндірістің өсуі атмосфералық ауаның ластануының жыл сайынғы өсуімен бірге жүреді. ҚР бойынша атмосфералық ауаның ластану динамикасы көрсетілген. Оңтүстік Қазақстан облысының қалалары мен аудандарының стационарлық көздерінен атмосфераға ластаушы заттар шығарындыларының өсуі талданды. Облыстың аудан орталықтары мен қалаларының атмосфералық ауасының сапасы зерттелді. Атмосфералық ауаның сапасын экспедициялық тексерудің кейбір деректері келтірілген

Түйінді сөздер: экологиялық қауіпсіздік, экономикалық қауіпсіздік, табиғатты пайдалану, табиғи ресурстар, биосфераның өнімділігі, қоршаған ортаның сапасы, ластану, атмосфералық ауа, ластану динамикасы, экологиялық жағдай.

УДК 502.3(502.31,502.33);504.06; 504(035:3):543.068:681.3

A.Aydossov, U. Sh. Musina, R. Y.Bayamirova,A. R. Togasheva,
A. T.Zholbassarova. G. Y. Kunayeva
(Caspian state university of technologiesand engineering named after S. Yessenov,
Department of Oil and Gas engineering, Aktau city, The Republic of Kazakhstan)

ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC SECURITY BASED ON THE ANALYSIS OF THE STATE OF LAND RESOURCES, PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE IN THE DYNAMICS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND SOUTH KAZAKHSTAN REGION

Abstract. The paper considers the problem of assessing environmental and economic security in the main economic zone of the analysis of the state of land resources, production and consumption waste in the dynamics of the Republic of Kazakhstan and the South Kazakhstan region. Security problems are considered in various aspects, where

different approaches and methods of its assessment are proposed. It is known that a comprehensive assessment of the ecological and economic security of the territory, its dynamics based on many criteria that take into account such well-known factors as: natural and climatic features; the level of socio-economic development of the territory; the health status of the population; dynamics of birth and mortality; the demographic structure of the population; natural resources; technical and technological condition and characteristics of production potential; the location of the region within the country and economic relations. However, a generalized assessment of the status of a particular ecological-economic system may hold a limited number of integral safety criteria, such as status indicators, land resources, waste management of production and consumption, taking them as the main indicators of the state of the system at this stage of its development and fixing (or adjustment) values of environmental quality.

In this study, the indicators of the state of land resources, production and consumption waste management at the geosystem level – in the Republic of Kazakhstan and South Kazakhstan region-are considered as safety criteria.

Keyword: environmental safety, economic security, environmental management, natural resources, environmental quality, pollution, land resources, pollution dynamics, production waste environmental status.

А. Айдосов, У.Ш. Мусина, Р.У. Баямирова, А.Р. Тогашева, А.Т. Жолбасарова, Г.Е. Кунаева
(Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга имени Ш. Есенова)

ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В ДИНАМИКЕ ПО РЕСПУЛИКЕ КАЗАХСТАН И ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В работе рассмотрена проблема оценки эколого-экономичесуой безопасности на оснрве анализа состояния земельных ресурсов, отходов производства и потребления в динамике по Республике Казахстан и Южно-Казахстанской области. Проблемы безопасности рассматриваются в различных аспектах, где предлагаются различные подходы и методы ее оценки. Известно, что предпочтительна комплексная оценка эколого-экономической безопасности территории, ее динамика на основе учета многих критериев, учитывающих такие известные факторы как: природно-климатические особенности; уровень социально-экономического развития территории; состояние здоровья населения; динамика рождения и смертности; демографическая структура населения; состояние природно-ресурсного потенциала; технико-технологическое состояние и особенности производственного потенциала; место региона внутри страны и хозяйственные связи. Вместе с тем обобщенную оценку состояния той или иной эколого-экономической системы возможно провести по ограниченному числу интегральных критериев безопасности, таких, например, как показатели состояния земельных ресурсов, управление отходами производства и потребления, приняв их как главные индикаторы состояния системы на данный этап ее развития и фиксирование (или регулирование) значений качества окружающей среды.

В данном исследовании в качестве критериев безопасности рассмотрены показатели состояния земельных ресурсов, управление отходами производства и потребления на геосистемном уровне – по Республике Казахстан и Южно-Казахстанской области.

Ключевые слова: экологическая безопасность, экономическая безопасность**,** природопользования, природные ресурсы, качества окружающей среды, загрязнение, состояния земельных ресурсов, динамика загрязнения, отходы производства экологического положения.

Проблемы безопасности рассматриваются в различных публикациях, где предлагаются различные подходы и методы ее оценки. Известно, что предпочтительна комплексная оценка эколого-экономической безопасности территории, ее динамика на основе учета многих критериев, учитывающих такие известные факторы как: природно-климатические особенности; уровень социально-экономического развития территории; состояние здоровья населения; динамика рождения и смертности; демографическая структура населения; состояние природно-ресурсного потенциала; технико-технологическое состояние и особенности производственного потенциала; место региона внутри страны и хозяйственные связи. Вместе с тем , обобщенную оценку состояния той или иной эколого-экономической системы возможно провести по ограниченному числу интегральных критериев безопасности, таких, например, как показатели состояния земельных ресурсов, управление отходами производства и потребления, приняв их как главные индикаторы состояния системы на данный этап ее развития и фиксирование (или регулирование) значений качества окружающей среды.

Исследование состояния земельных ресурсов

Важнейшей задачей управления региональной системой является экономически целесообразное и экологически безопасное использование земельных ресурсов[1-9].

Фонд земельных ресурсов Республики составляет 272490,2 тыс. га, из которых земли сельскохозяйственного назначения – 201099,5 тыс. га, т.е. около 74% от всего земельного фонда республики [7].

В среднем на душу населения Казахстана приходится 18,1 га земель, в том числе 13 га сельхозугодий.

В соответствии с [5] земельный фонд Республики Казахстан делится на категории с целевым назначением: земли сельскохозяйственного назначения; земли населенных пунктов (городов поселков и сельских населенных пунктов); земли промышленности, транспорта, связи, обороны и иного не сельскохозяйственного назначения; земли особо охраняемых природных территорий, земли оздоровительного, рекреационного и историко-культурного назначения; земли лесного фонда; земли водного фонда; земли запаса.

Площадь Южно-Казахстанской области: 117 249 км^2.

Население: 2 788 653 чел. (2015 г.).

Плотность населения: 23,8 чел/км^2.

Городское население: 47% (2009 г.).

В соответствии с делением земель на категории с целевым назначением – в Южно-Казахстанской области земли заняты в соответствии с *административным делением:* 3 города областного подчинения (Кентау, Туркестан, Арысь), 11 районов.

Административный центр: город Шымкент – 885 799 чел. (2016 г.).

Города: Туркестан – 253 166 чел. (2015 г.), Кентау – 61 860 чел. (2012 г.), Сарыагаш – 50 106 чел. (2015 г.), Арысь – 40 707 чел. (2012 г.), Шардара – 30 922 чел. (2013 г.), Ленгер – 25 298 чел. (2012 г.).

Земли, занятые под аэропорт: международный, Шымкент.

Земли водного фонда включают: реки Сырдарья с притоками Келес и Арысь с притоками Бадам и Боралдай, Чу; озера: соленые Актайкын, Актар, Калдыколь. Земли заняты под гидротехнические сооружения: каналы Достык (1913-1954 гг.) и Кызылкумский (1960-е гг.); Шардаринская ГЭС (1960-1967 гг.); водохранилище Шардаринское (1966 г.) и Коксарайское (2008-2011 г.)

Земельные ресурсы, относящиеся к *землям промышленности* связаны:

- с наличием и разработкой *полезных ископаемых* железа, свинца, цинка, бурого угля, известняка, гипса, кварцевых песков, огнеупорных керамических и бентонитовых глин, минеральных красок, поделочных камней;

- с развитием п*ромышленности:* горнодобывающей, гидро-электро-энергетики, нефте-перерабатывающей, цветной металлургии, машиностроения, химической, строительной, легкой, пищевой.

На рисунке 1 показана карта Южно-Казахстанской области.

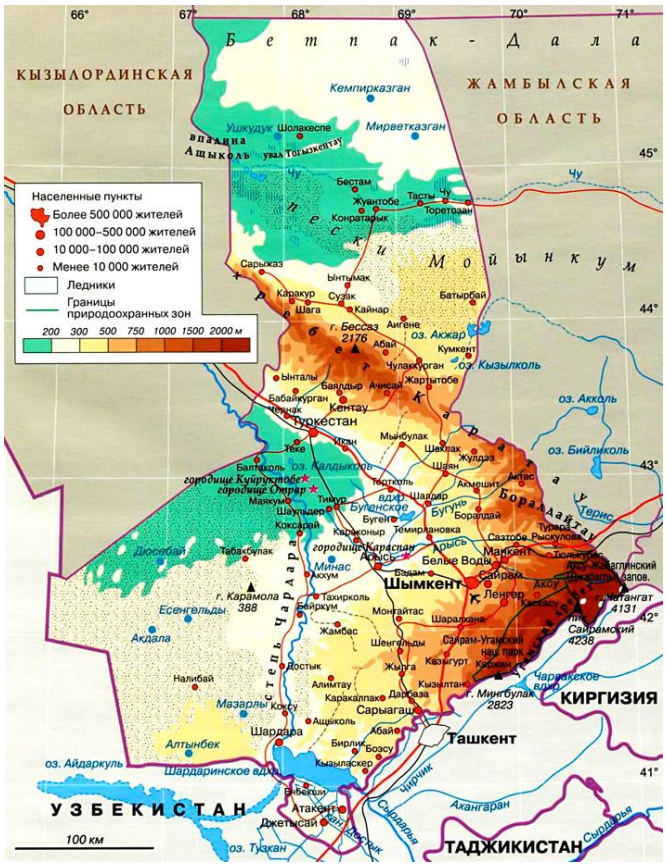


Рис. 1. Карта Южно-Казахстанской области [6]

Земельные ресурсы *сельскохозяйственного значения заняты в* растениеводстве (орошаемое земледелие, в предгорьях – богарное; пшеница, ячмень, рис, кукуруза, хлопок, масличные культуры, ягоды, виноград, бахчеводство, садоводство), животноводстве (отгонно-пастбищное овцеводство – шерсть и каракуль, шелководство).

Земли оздоровительного (курорт Сары-Агач), *особо охраняемых природных территорий,* земли *рекреационного и историко-культурного* назначения включают:

- *природные достопримечательности (Заповедник Аксу-Жабаглинский (1926 г.); Сайрам-Угамский национальный природный парк (2006 г.));*

- *исторические (петроглифы каньона Аксу и Арпа-Узень; архитектурные объекты оазиса Отрар (первое тыс. до н. э.) развалины города Отрар и мавзолея Арыстан-Баба (с. Шаульдер, I-XIII вв.) руины города Исфиджаб (с. Сайрам, VIII-XII вв.) старинные горные выработки (Кентау, IX-X вв.) мечеть Шахи-Ахмет-Ишана и мавзолеи Баба-Ата, Тукты-Шашты-Азиз, Аже-Ата и Карабура (с. Сузак, XIX в.); Мавзолей Хаджимукана Мунайтбасова (Темирлановка, XIX в.); Мавзолеи Байзави-казы, Саркалка-Баба, Мирали-Баба и Балегердана (с. Сайрам, XIX в.) и др., находящиеся в городах Шымкент и Туркестан.*

Приоритетными землями как природный ресурс, требующий рационального использования, являются сельскохозяйственные земли (74% от общего земельного фонда).

В Южно-Казахстанской области наблюдается самое большое количество форм хозяйствования на земле по сравнению со всеми областями Казахстана, а также крестьянских (фермерских) хозяйств, соответственно - 50904 и 47102 единиц, т.е. основной отраслью экономики области является сельское хозяйство [3].

В ЮКО насчитывается 12 сельских районов и 8 небольших городов, 11 поселков, 865 сельских и аульных округов, где проживает 39,9% городского населения и 60,1% – сельского. В городе Шымкенте – центре области – проживает 526,1 тыс. чел (23,5% всего населения ЮКО).

Валовой региональный продукт за 2005 год по области составил 319,6 млрд. т; в 2010 г. – 1,2 трлн тенге, в 2015 г (на душу населения) – 474 600 т.

По данным областного Комитета по управлению земельными ресурсами территория области составляет –11724,9 тыс. га.

Земельный фонд по природно-сельскохозяйственным зонам включает:

1) пустынную, всего земель – 3015,1 тыс.га;
2) предгорно-пустынно-степная – 7878,5 тыс.га;
3) субтропическая пустынная – 2906,7 тыс.га;
4) субтропическая предгорно-пустынная – 3509,9 тыс.га;
5) среднеазиатская горная область – 1504,7.

Таблица 1. **Состав земельного фонда: качественная характеристика сельскохозяйственных угодий ЮКО**

Мелиоративные группы	сельхозугодия		в т.ч. пашня	
	Площадь, тыс.га	Удельный вес в %	Площадь, тыс.га	Удельный вес в %
Всего обследовано земель	10254,6	100	840,1	100
Из них -не осложненные отрицательными признаками	1872,6	18,3	504,3	60,0
В т. ч. безусловно пригодные для земледелия	727,8	7,1	493,0	58,1
защебненные	1081,8	10,5	7,4	0,9
засоленные	2222,5	21,7	158,6	18,9
солонцеватые	1009,5	9,8	6,8	0,8
Подверженные ветровой эрозии	3108,7	30,3	0,3	0,02
Подверженные водной эрозии	950,2	9,3	162,0	19,3
переувлажненные	1	0,01	0,7	-
заболоченные	1,8	0,02	-	0,08
прочие	6,2	-	-	-

Из общего земельного фонда области (11724,9 тыс. га) 74% (2006 г.) занимают земли сельскохозяйственного назначения, что составляет 8 676,426 тыс.га.

Одним из показателей определения рационального использования земельных ресурсов, безопасности развития региона является показатель почвенной эрозии.

В таблице 2 представлены земли, подверженные почвенной эрозии.

Таблица 2. **Земли ЮКО, подверженные почвенной эрозии**

№ п/п	Наименование районов и городов	Дефляционно-опасные земли, тыс. га	Подвержено ветровой эрозии, тыс. га	Подвержено водной эрозии, тыс. га
1	Байдыбекский	584,7		243,9
2	Казыгуртский	340,3	0,5	196,1
3	Махтааральский	12,5		
4	Ордабасинский	211,6		67,8
5	Отрарский	1301,6	858,6	10,4
6	Сайрамский	146,6		58,6
7	Сарыагашский	700,6	64,3	156,7
8	Сузакский	3770,5	1043	51,3
9	Толебийский	205,8	-	63,7
10	Тюлькубасский	160,6	-	40,2
11	Шардаринский	1061,2	955,5	0,2
12	г.Арысь	412,8	168,9	10,8
13	г.Кентау	43,5	-	-
14	г.Туркестан	393,3	17,9	43,7
15	г.Шымкент	16,9	-	6,8
	Итого по области	**9362,5**	**3108,7**	**950,2**

Как видно из таблицы 2 – из 11724,9 тыс. га земель 9362,5 тыс. га – дефляционно-опасные земли, что составляет 79,8%. Сузакский район наиболее подвержен дефляционным процессам. Ветровой эрозии наиболее подвержен Сузакский район, водной эрозии наиболее подвержен Байдыбекский район.

Согласно государственного земельного кадастра качественная характеристика земель в Южно-Казахстанской области следующая (тыс.га):

1. не имеющих отрицательных признаков – 1838,8;
2. засоленные – 2200,6;
3. солонцы и солонцовые комплексы – 1009,5;
4. переувлажненные, заболоченные, смытые – 942,0;
5. защебененные – 1017,6;
6. дефлированные – 3108,7.

Часть территории занимают супесчаные и песчаные почвы (864,5 и 3019,5 тыс. га).

Как видно из таблицы 1 и данных государственного земельного кадастра существенных изменений в структуре сельскохозяйственных земель Южно-Казахстанской области на данный момент не произошло.

Площадь орошаемых земель области за последние годы несколько увеличилась и составляет около 442,3 тыс.га. Из общей площади орошаемых земель подвержены процессам вторичного засоления в различной степени более 191,0 тыс. га (38%).

10,3 млн. га или 87% (2015 г.) территории области занято сельско-хозяйственными угодьями, из них 876,4 тыс. га пашни (7,5 %), в том числе 442,3 тыс.га орошаемой (3,8 %), 28,7 тыс.га многолетних насаждений, 142,3 тыс.га сенокосов (1,2 %), 9095,8 тыс.га пастбищ (77,6 %), по данным качественной характеристики земель около 4,4 (37,7 %) млн.га занимают земли сельскохозяйственного назначения; подверженных эрозии, в том числе ветровой – 3,4 млн. га, водной – около 0,6 млн.га.

Снижение плодородия пахотных земель является результатом нерационального их использования и нарушения. Наблюдается деградация земель в засушливых районах, опустынивание.

Антропогенное воздействие на земли региона проявляется в двух формах: загрязнения и нарушения.

В Южно-Казахстанской области имеются территории с повышенным содержанием радионуклеидов, в том числе в подземных водах; зоны повышенного загрязнения почвы тяжелыми металлами в г. Кентау; свинцом, цинком и мышьяком в концентрациях в 10 раз превышающих ПДК в г. Шымкент [5].

Крупнейшие источники воздействия на окружающую среду и, в частности, на земли в ЮКО являются: свинцовый завод – АО «ПК «Южполиметал» (в 2012 году предприятие остановилось окончательно), теплоэлектроцентрали АО «3-Энергоорталык», нефтехимический завод ТОО «Петро Казахстан Ойл Продактс», цементные заводы АО «Шымкентцемент», ТОО «Стандарт Цемент», ТОО «Састобецемент», химико-фармацевтический завод АО «Химфарм», урано-добывающие предприятия ТОО «Степное рудоуправление», ТОО СП «Инкай», ТОО СП «Катко» и др.

Важным показателем является показатель *площади нарушенных земель* в различных формах нарушения (в разрезе районов и городов области).

Площадь нарушенных земель в ЮКО, представленная карьерами, внутренними и внешними отвалами, утратившими свое значение каналами, открытыми дренажами, составляет 1735 га, в том числе:

- Сайрамский	164,0
- Сарыагашский	32,0
- Сузакский	584,0
- Толебийский	211,0
- Тюлькубасский	244
- Кентау	420
- Туркестан	54
- Шымкент	26

Работы по рекультивации нарушенных земель в настоящее время являются обязательными для всех действующих предприятий горнодобывающей промышленности.

Промышленная структура включает производства в Шымкенте, Кентау, Мактааральском, Сузакском, Сарыагашском, Сайрамском, Отырарском и Тюлькубасском районах ЮКО. Наибольшую долю в объеме промышленной продукции области занимают г. Шымкент (42,3%) и Сузакский район (25,5%). В итоге, доля объема промышленного производства в перечисленных территориях составила 84,3% общего объема производства.

Анализ показал, что темпы роста промышленного производства обеспечиваются темпами роста обрабатывающей промышленности, включающей: машиностроение, металлургическую промышленность, производство прочей неметаллической минеральной продукции, производство резиновых и пластмассовых изделий, производство продуктов питания.

Горнодобывающая промышленность и разработка карьеров является интенсивно развивающейся отраслью промышленности региона. Это подтверждается «скоростью» роста производства продукции. ИФО за 2008г. составил 171,6%, 2009 – 114,7%, 10 мес. 2011г. – 106,3%. В отрасли превалирует добыча цветных металлических руд (95,6%). Коэффициент обновления основных средств составил в 2010 г. – 35,2%, степень износа основных средств – 18,3%. В 2006–2008 гг. эти показатели соответствовали следующим величинам: 67 и 54% [7]. В настоящее время оставлен свинцовый завод в г.Шымкент, но бурно развивается добыча урановых руд.

Приоритетным направлением отрасли в ЮКО остается комплексное использование минерально-сырьевых ресурсов и создание конечных переделов их переработки, обеспечивающих выход на изделия высокой товарной готовности с учетом спроса внутреннего и внешнего рынков. Увеличение объемов добычи прогнозируется осуществлять за счет преимущественного вовлечения в комплексную переработку забалансовых руд, отвалов и хвостов, повторной отработки целиков [7].

Эта проблема напрямую связана с рациональным использованием земельных ресурсов, захламленных и используемых для депонирования отходов производства и потребления.

Отходы производства и потребления

Согласно данным, приведенным в таблице 3 [7] в Казахстане накоплено 228243 млн.т. токсичных отходов производства.

Таблица 3. **Объемы накопления токсичных отходов в РК**

Города и области	2002г.	2003г.	2004г.	**2005г.**
Республика Казахстан	млн.т.	млн.т.	млн.т.	**млн.т.**
	137082	141946	146117,0	**228243**
Акмолинская	251	348	184,0	**204**
Актюбинская	17857	29091	13828	**15105**
Алматинская	1179	1092	1047	**1042**
Атырауская	94	62	71,0	**65**
Западно-Казахстанская	50	54	152	**218**
Жамбылская	26	27	109	**55**
Карагандинская	44650	42463	40955	**54031**
Костанайская	16782	18948	37746	**118179**
Кызылординская	0,0	0,0	0,0	**8**
Мангистауская	118	163	146	**179**
Южно-Казахстанская	72	34	50	**78**
Павлодарская	9688	10756	12137	**11885**
Северо-Казахстанская	592	610	684	**705**
Восточно-Казахстанская	45024	37549	38285	**25742**
г Астана	618	642	648	**644**
г Алматы	**81**	**107**	**75**	**103**

Как видно из таблицы 3, наибольшее количество отходов накоплено в Костанайской области, где сосредоточено около 52% объемов накопления токсичных отходов Республики.

Как видно из нижеследующей таблицы 4, ежегодный рост накопления этих отходов свидетельствует о низком уровне их использования.

Таблица 4. **Объемы использования и обезвреживания токсичных отходов, образованных в Казахстане**

Города и области	2002 г.	2003г.	2004г.	**2005г.**
Республика Казахстан	млн.т.	млн.т.	млн.т.	**млн.т.**
	34911	32757	30360	**18939**
Акмолинская	1	0,0	0,0	**0,0**
Актюбинская	213	3915	5864	**5418**
Алматинская	-	-	-	**-**
Атырауская	15	10	43	**6**
Западно-Казахстанская	4	8	172	**200**
Жамбылская	16	14	11	**5**
Карагандинская	5765	5031	3797	**3854**
Костанайская	58	66	77	**102**
Кызылординская	0,0	0,0	0,0	**4**
Мангистауская	87	37	40	**97**
Южно-Казахстанская	-	1	1	**1**
Павлодарская	1107	1130	1028	**1006**
Северо-Казахстанская	4	4	5	**5**
Восточно-Казахстанская	27641	22541	19322	**8241**
г. Астана	0,0	-	-	**-**
г. Алматы	**0,0**	**0,0**	**0,0**	**0,0**

По данным таблицы 4, видно, что вовсе не используются и не обезвреживаются отходы, образованные в городах Астаны и Алматы, Алматинской и Кзылординской областях. Крайне неудовлетворительно используются и обезвреживаются токсичные отходы и в Южно-Казахстанской области [7].

По данным авторов [7] в 2006 г. свыше 90,3% (13,3 млн.т) от общего их объема сосредоточено в г. Кентау.

Согласно сведениям об образовании и накоплении токсичных отходов всех классов опасности на предприятиях ЮКО в 2005-2006 гг. наибольшее количество отходов, приведенным в таблице 5 [5], относятся к IV классу опасности.

И, к примеру, в 2006 году, в сравнении с 2005 годом, образование всех видов токсичных отходов на предприятиях области в результате их производственной деятельности увеличилось в 2,3 раза.

В 2006 году в местах организованного складирования и захоронения направлено 176,5 тыс.т токсичных отходов, (что в 2,8 раза больше, чем в 2005 г.), из них твердые отходы составляют – 94,1%, пастообразные – 5,9%.

В таблице 5 показано количество отходов производства по классам опасности за 2006 г.

Таблица 5. **Количество отходов производства по классам опасности за 2006 г.**

Классы опасности отходов производства	Образовалось отходов на предприятиях за год, т		2006г. в % к 2005 г.	Наличие отходов на конец 2006 г., тыс.т	Удельный вес в общем объеме, %
	2006 г.	2005 г.			
Всего отходов всех классов по области	176659,4	78215,8	2,3 р.	14794349,9	100
В том числе:					
I кл. опасности	-	-	-	-	-
II кл. опасности	905.7	1607.4	56.3	58201.7	0.4
III кл.опасности	38413.3	514.1	75 р.	973211.4	6.5
IV кл.опасности	137340.4	76094.3	1.8 р.	13762936.8	93.1

На рисунке 2 представлен объем образования отходов за 2000-2018 гг.



Рис. 2. Объем образования отходов за 2000-2018 гг.

Приведенные данные по токсическим отходам, как по Южно-Казахстанской области, так и по Республике в целом говорят о необходимости выполнения планомерных решений по их использованию и утилизации.

Источниками промышленных отходов в Южно-Казахстанской области в 2009 г. являлись такие крупные предприятия как: АО «Ачполиметалл» с объемом отходов более 170млн. т, АО «Шымкентфосфор» с объемом 0,5 млн. т (занимаемая отходами площадь около 30 га), ЗАО «Южполиметалл» с объемом 2,5 млн. т, КентаускаяТЭЦ-5 с объемом 405,3 тыс. т, ТОО «Петро Казахстан Ойл Продактс» с объемом5,8 тыс. т, ТОО «Спецавтотранспорт» (свалка г. Шымкента) с объемом более 5,5 млн. т и др.

Большое количество вредных отходов накоплено на территории бывшего фосфорного завода. Опасны фосфорсодержащие шламы, которые должны храниться под слоем воды в виду их пожароопасных свойств и склонности к самовозгоранию. Утилизация отходов производится в незначительном объеме.

Промышленные отходы в области образуются в основном в двух городах: Шымкент и Кентау.

Полигоны промышленных отходов имеются на следующих предприятиях: ЗАО «Южполиметалл» (не функционирует в настоящее время), ОАО«Химфарм», ТОО «Петро Казахстан Ойл Продактс», ТОО «Водные ресурсы – Маркетинг», Центральное рудоуправление, АО «Онтустик Кус», ОАО «Шымкентшина»,ОАО «Экскаватор», отходы ОАО «Шымкентфосфор», ОАО «ТЭЦ-5», РГП«Кентауликвидрудник».

К историческим отходам относятся: промышленные отходы ОАО «Шымкентфосфор», ОАО «ТЭЦ-5», РГП«Кентауликвидрудник».

Кроме того, в филиалах ТОО «Горнорудная компания», Степное рудоуправление(СтРУ), Централизованная автоперевалочная база (ЦАПБ) образуются два вида производственных отходов – производственные не радиоактивные отходы 4 класса опасности и низкорадиоактивные отходы. Низкорадиоактивные отходы (1,07 тыс. т), захораниваются в ведомственном могильнике низкорадиоактивных отходов, который соответствует требованиям СП ЛКП-98 и природоохранного законодательства.

На 58 предприятиях имеется 3422 источника ионизирующего излучения, из которых 2494 отработали установленный срок и относятся к радиоактивным отходам, требующим захоронения в специальном хранилище базы Байкал-1 Семипалатинского полигона.

Одной из наиболее острых экологических проблем области являются последствия ликвидации и консервации Миргалимсайского рудника в г. Кентау, являющегося источником загрязнения подземных вод токсичными хвостами обогатительных фабрик.

В области возросла добыча урановых руд, увеличилось производство обработанного хлопка, нефтянного битума, золота в сплаве Доре, природного урана и трансформаторов (105,3%).

Показатель интенсивности образования отходов является показателем движущих сил, а также реагирования на антропогенную деятельность. Показатель образования отходов на единицу ВВП (интенсивность образования отходов различных видов экономической деятельности) характеризует соотношение динамики образования отходов и соотношение уровня экономического развития страны.

В таблицах 6-8 показаны результаты управления опасными отходами производства; переработки и вторичного использования отходов; окончательного удаления отходов (переработки и удаления твердых бытовых и муниципальных отходов) в масштабах страны за 2004-2018 гг.

Как видно из таблицы 6, наблюдается увеличение объема захоронения опасных отходов и прочих видов удаления за последние 15 лет.

Как видно из таблицы 7, количество отходов производства и потребления не уменьшается, увеличивается переработка и вторичное использование опасных отходов.

Как видно из таблицы 8, общая сумма собранных муниципальных отходов увеличивается, что говорит об организации и сборе отходов потребления; переработка и удаление муниципальных отходов увеличивается. Увеличилось количество обезвреженных отходов. Уменьшается количество размещенных на собственных объектах размещения отходов и увеличивается количество отходов, переданных сторонним организациям для дальнейшего депонирования или переработки.

Немаловажной проблемой ЮКО является утилизация твердых бытовых отходов (ТБО). В городе Шымкенте действует городская свалка твердо-бытовых отходов за чертой города в северо-восточной части, под которую отведен земельный участок 45 га, а в настоящее время используется 22 га. Общая площадь, занимаемая отходами производства составляет более 500 га. Предусмотренный срок эксплуатации так называемого полигона 50 лет – с 1980 по 2030 год. Городская свалка открытого типа.

За 9 месяцев 2006 г. образовалось и вывезено на городскую свалку Шымкента 190 тыс. $м^3$ твердых бытовых отходов.

Проектная мощность мусороперерабатывающего завода в Шымкенте - 180 тыс. тонн отходов в год. В соответствии со стандартом мусороперерабатывающее производство находится на расстоянии не менее 15 км от аэропорта, близ цементного завода. Проектом предусмотрено производство гумуса и удобрений из пищевых отходов, которые затем будут использоваться фирмой «Тазалык 21» в собственной программе рекультивации земель сельскохозяйственного назначения.

Строительство мусороперерабатывающего предприятия в Шымкенте началось еще в 2011 году, а запуск откладывался несколько раз. В настоящее время линия завода запущена полностью и функционирует.

В Ордабасинском районе, на территории индустриальной зоны Бадам компания «Грин технолоджи индастриз» в 2018 г. построен завод по переработке полиэтиленовых отходов в гранулы и штапельное волокно.

Таблица 6. **Управление опасными отходами**

		Единица	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	Наличие опасных отходов на начало года	1000 т	5 665 892,9	6 338 768,9	8 005 538,9	8 208 585,1	8 185 951,8	8 269 469,7	8 390 958,2	8 608 801,9	2 070 760,6	2 299 862,8	2 506 356,1	2 712 167,8	2 877 364,3	2 975 552,5	2 904 857,9
2	Опасные отходы, образованные в течение года	1000 т	701 317,6	1 684 318,5	263 971,1	261 188,0	453 373,1	227 555,0	303 116,6	420 668,3	355 952,5	382 214,3	337 414,8	251 565,7	151 391,1	126 874,3	149 962,4
3	Импорт опасных отходов в течение года	1000 т	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	9,7	6,2	13,8	0,7	4,6	0,1	12,4	0,0	0,3
4	Экспорт опасных отходов в течение года	1000 т	37,4	98,1	68,2	93,6	0,0	0,3	0,3	0,6	20,5	0,3	0,0	0,0	5,0	0,0	0,3
5	Импорт - экспорт	1000 т	-37,4	-98,1	-68,2	-93,6	0,0	1,2	9,4	5,6	-6,7	0,4	4,6	0,1	7,4	0,0	0,0
6	**Опасные отходы, обработанные или удаленные в течение года**	1000 т	28 404,1	17 450,4	60 856,5	283 727,9	369 855,0	106 067,7	85 282,6	108 102,1	126 843,5	175 721,4	131 607,7	86 369,3	53 210,3	399 558,0	536 541,8
7	*из которых*																
8	*Переработка*	1000 т	17 680,3	10 862,1	37 880,6	237 619,3	280 732,9	59 162,5	19 586,9	45 027,8	94 720,1	81 826,3	110 138,4	74 131,6	33 279,7	190 401,1	29 625,2
9	*Сжигание*	1000 т	91,3	56,1	195,6	1 227,3	1 449,9	305,6	648,2	577,1	908,0	511,2	416,9	421,8	378,1	384,5	367,6
10	*Захоронение*	1000 т	170,6	104,8	365,6	2 168,5	2 561,9	570,9	4 484,6	8 948,5	980,4	484,5	581,8	676,5	679,1	454,9	21 854,2
11	*Прочие виды удаления*	1000 т	10 461,9	6 427,4	22 414,7	42 712,8	85 110,3	46 028,7	60 562,9	53 548,7	30 235,0	92 899,4	20 470,6	11 139,4	18 873,4	208 317,5	484 694,8
12																	
13	Количество опасных отходов на конец года	1000 т	6 338 769,0	8 005 538,9	8 208 585,3	8 185 951,6	8 269 469,9	8 390 958,2	8 608 801,6	8 921 373,7	2 299 862,9	2 506 356,1	2 712 167,8	2 877 364,3	2 975 552,5	2 702 868,8	2 518 278,5

Примечания: Источник информации - Министерство экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. С 2012 г. без учета вскрышных пород, так как не относятся к опасным отходам

Таблица 7. **Переработка и вторичное использование отходов производства и потребления**

		Единица	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
	Твердые бытовые отходы															
1	Образование ТБО	1000 т / год											5 467,3	5 400,9	4 864,3	4 319,2
2	Переработка, вторичное использование ТБО	1000 т / год											99,7	140,3	440,0	497,1
3	Доля переработки, втричного использования ТБО	%								1,0	1,6	2,2	1,8	2,6	9,0	11,5
	Муниципальные отходы *															
4	Образование муниципальных отходов	1000 т / год	2 091,9	2 401,2	3 351,8	3 411,9	3 928,3	3 784,7	3 919,0	3 588,3	3 547,7	3 446,3	3 235,5	2 813,6	3 415,0	3 692,0
5	Переработка, вторичное использование муниципальных отходов	1000 т / год	8,5	13,4	22,3	101,3	151,2	71,1	64,3	136,5	16,0	383,0	372,5	346,1	442,7	427,1
6	Доля переработки, втричного использования муниципальных отходов	%	0,4	0,6	0,7	3,0	3,8	1,9	1,6	3,8	0,5	11,1	11,5	12,3	13,0	11,6
	Промышленные отходы															
7	Образование промышленных отходов	1000 т / год	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	982 236,4	792 860,0	737 342,6	830 271,0
8	Переработка, вторичное использование промышленных отходов	1000 т / год	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	227 114,4	212 511,3	227 919,5	267 029,0
9	Доля переработки, втричного использования промышленных отходов	%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	23,1	26,8	30,9	32,2
	Опасные отходы															
10	Образование отходов	1000 т / год	1 684 318,5	263 971,3	261 188,0	453 373,1	227 555,0	303 116,6	420 668,3	355 952,5	382 214,3	337 414,8	251 565,7	151 391,1	126 874,6	149 962,4
11	Переработка, вторичное использование опасных отходов	1000 т / год	10 918,2	38 076,2	238 846,6	282 182,8	59 468,1	20 235,1	45 604,9	95 628,1	82 337,5	110 555,3	74 553,4	33 657,8	190 785,6	29 992,8
12	Доля переработки, втричного использования опасных отходов	%	0,6	14,4	91,4	62,2	26,1	6,7	10,8	26,9	21,5	32,8	29,6	22,2	150,4	20,0

* По муниципальным отходам информация формируется Комитетом по статистике, охватываются твердые бытовые отходы, собираемые и транспортируемые коммунальными службами

Информация представлена Министерством экологии, геологии и природных ресурсов Республики Казахстан. По промышленным отходам информация приведена с учетом поверхностных эффузивных и интрузивных разновозрастных осадочных пород (вскрышные породы).

Таблица 8. **Окончательное удаление отходов: переработка и удаление муниципальных отходов**

		Единица	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
1	**Общая сумма собранных муниципальных отходов**	1000 т/год	2 091,9	2 401,2	3 351,8	3 411,9	3 928,3	3 784,7	3 919,0	3 588,3	3 547,7	3 446,3	3 235,5	2 813,6	3 415,0	3 692,0
	Процессы обращения с отходами в течение года:															
2	повторно использовано и переработано	1000 т/год	8,5	13,4	22,3	101,3	151,2	71,1	64,3	136,5	16,0	383,0	372,5	346,2	442,7	427,1
3	компостировано	1000 т/год	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…
4	сожжено без извлечения энергии	1000 т/год	…	…	…	…	…	…	…	…	…	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	сожжено с извлечением энергии	1000 т/год	…	…	…	…	…	…	…	…	…	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
6	захоронено (депонировано)	1000 т/год	1 721,7	1 932,8	2 484,9	2 614,6	2 613,5	3 379,6	3 554,4	2 656,6	2 728,4	3 024,5	2 884,1	2 582,4	2 596,6	2 374,6
7	размещено на неконтролируемых свалках	1000 т/год	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…	…

Источник информации - Комитет по статистике МНЭ РК согласно данным ежегодных статистических наблюдений 1-отходы "Отчет о сборе и вывозе коммунальных отходов " и 2-отходы "Отчет о переработке (сортировке), утилизации и захоронении (депонировании) отходов"

		Единица	2016	2017	2018
1	**Общая сумма произведённых отходов**	1000 т/год	169556,2	278148,8	295454,8
2	Переработано, повторно использовано, сожжено за отчетный год	1000 т/год	52302,7	71655,1	72918,5
3	Обезврежено за отчетный год	1000 т/год	6,3	0,9	20,5
4	Размещено на собственных объектах размещения отходов	1000 т/год	11423,7	77589,2	47972,8
5	Передано сторонним организациям, предприятиям	1000 т/год	1180,3	128560,6	3056,5

Примечание:
По данным РГП «Информационно-аналитического центра охраны окружающей среды» Министерства экологии, геологии и природных ресурсов РК на основе Государственного кадастра отходов производства и потребления. Данные приведены без учета техногенных минеральных образований и поверхностных эффузивных и интрузивных разновозрастных осадочных пород (вскрышные породы).

На сегодняшний день (2020 г.) в планах строительство второго мусороперерабатывающего завода в Шымкенте, благодаря инвесторам из Сингапура и Малайзии.

Заключение

Оценка эколого-экономической безопасности региона проводится по известному алгоритму: концепция – стратегия – комплексная программа.

Для получения объективных оценок текущего состояния отдельных индикаторов (состояния земельных ресурсов) получен диагноз состояния конкретного региона страны – численные значения оценок, отнесенные к текущему с позиций проводимого анализа моменту времени. Это позволяет определить экологический риск и защитное реагирование на экологическую опасность.

Анализ экологической опасности (риска) Южно-Казахстанской области показал, что наиболее рациональное использование необходимо для земель сельскохозяйственного назначения. Велик ущерб окружающей среде в результате недостаточной рекультивации нарушенных и захламленных земель, особенно занятых историческими отходами; есть проблемы с деградацией земель и эрозийных состояний, приводящих к опустыниванию территории Южно-Казахстанской области.

Наибольшую площадь среди обследованной территории занимают засоленные земли. Пустынных земель 3015,1 тыс.га.

В целом, налажена и совершенствуется система учёта и контроля радиоактивных веществ и отходов; выявлены территории, подвергшиеся радиоактивному и химическому загрязнению; требуется обозначить эти территории на местности в масштабах, представляющих опасность для окружающей среды и населения.

Выявлены экологически опасные производства, сооружения и захоронения отходов (известны категории опасности предприятий).

В последующих работах предстоит выполнить:

- оценку состояния окружающей природной среды (земель и почв) по балльной системе, которую можно определить по анализу проектов ОВОС за требуемый период всех предприятий области;

- оценку эффективности управления экологической безопасностью (принятия адекватных управленческих решений в области рационального использования земельных ресурсов), по степени выполнения Планов природоохранных мероприятий всех предприятий области и эколого-экономической эффективности природоохранных мероприятий;

- на основании результатов, полученных при анализе экологического риска, будут скорректированы тактика и стратегия управления экологической безопасностью.

Необходима система критериев оценки, система показателей, исходная информация, для разработки которых чрезвычайно затруднена или невозможна из-за недостатка, отсутствия или нерепрезентативности этой информации.

Необходима разработка и внедрение в систему государственной статистики индикаторов состояния окружающей среды и рисков.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Айдосов А.А., Айдосов Г.А. Теоретические основы прогнозирования природных процессов и экологической обстановки окружающей среды. Книга 1, Теоретические основы прогнозирования атмосферных процессов и экологической обстановки окружающей среды. - Алматы: Изд-во «Қазақ университеті”, 2000.- 290 с.

[2] Айдосов А.А., Айдосов Г.А., Заурбеков Н.С. Моделирование распространения вредных веществ в нижнем слое атмосферы со свободной верхней границей воздушной массы и оценка экологической обстановки окружающей среды.// Промышленность Казахстана. – Алматы. - 2007. -№1(40). - С. 68-70.

[3] Айдосов, А. А., Г. А. Айдосов, Н. С. Заурбекова, и Г. И. Азхиева. Модельная оценка технологической нагрузки экологических компонентов в нефтегазодобывающем регионе, 160. Волкова Е.В.: Алма-Ата. 2015.

[4] 1https://studbooks.net/828447/agropromyshlennost/sostoyanie_zemelnyh_otnosheniy_yuzhno_kazahstanskoy_oblasti.

[5] Земельный Кодекс РК

[6] https://geosfera.org/aziya/kazaxstan/2699-yuzhno-kazahstanskaya-oblast.html

[7] Промышленность Южно-Казахстанской области за 2006–2010 годы. - Статистический сборник / Под редакцией А.А. Абилдабекова. – Шымкент, 2011. – 83 стр.

[8] Салимбаева Р.А. Экологические проблемы Южного Казахстана и их влияние на строительство экономического пояса вдоль нового Шелкового пути // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015. – № 12-6. – С. 1105-1108.

URL: http://applied-research.ru/ru/article/view?id=8093 (дата обращения: 20.06.2020).

[9] (Сборник «Охрана окружающей среды и устойчивое развитие Казахстана»). Обновлено: 01.06.2020 23:01. Создано: 12.09.2014 13:58

Айдосов А., Мусина У.Ш., Баямирова Р.У., Тогашева А.Р., Жолбасарова А.Т., Қонаев Г.Е.,

Қазақстан республикасы мен оңтүстік қазақстан облысы бойынша жер ресурстарының, өндіріс және тұтыну қалдықтарының жай-күйін динамикада талдау негізінде экологиялық-экономикалық қауіпсіздікті бағалау

Түйіндеме: Жұмыста Қазақстан Республикасы мен Оңтүстік Қазақстан облысы бойынша жер ресурстарының, өндіріс және тұтыну қалдықтарының тұрақтылығына талдау жасау негізінде экологиялық-

экономикалық қауіпсіздікті бағалау мәселесі қаралды. Қауіпсіздік мәселелері әртүрлі ас пектілерде қаралады, онда оны бағалаудың түрлі тәсілдері мен әдістері ұсынылады. Аумақтың экологиялық-экономикалық қауіпсіздігін кешенді бағалау, оның динамикасы табиғи-климаттық ерекшеліктер сияқты белгілі факторларды ескеретін көптеген критерийлерді есепке алу негізінде қалайтыны белгілі.; аумақтың әлеуметтік-экономикалық даму деңгейі; халық денсаулығының жай-күйі; туу және өлім-жітім серпіні; халықтың демографиялық құрылымы; табиғи-ресурстық әлеуеттің жай-күйі; өндірістік әлеуеттің техникалық-технологиялық жай-күйі және ерекшеліктері; өңірдің ел ішіндегі орны және шаруашылық байланыстары. Сонымен қатар, қандай да бір экологиялық-экономикалық жүйенің жай-күйін жалпыланған бағалауды қауіпсіздіктің интегралдық өлшемдерінің шектеулі саны бойынша жүргізуге болады, мысалы, жер ресурстарының жай-күйінің көрсеткіштері, өндіріс және тұтыну қалдықтарын басқару, оларды жүйенің дамуының осы кезеңіне жай-күйінің басты индикаторлары және қоршаған орта сапасының мәндерін тіркеу (немесе реттеу) ретінде қабылдай отырып.

Бұл зерттеуде қауіпсіздік өлшемдері ретінде жер ресурстарының жай – күйінің көрсеткіштері, Қазақстан Республикасы мен Оңтүстік Қазақстан облысы бойынша геожүйелік деңгейде өндіріс және тұтыну қалдықтарын басқару қарастырылды.

Түйінді сөздер: экологиялық қауіпсіздік, экономикалық қауіпсіздік, табиғатты пайдалану, табиғи ресурстар, қоршаған орта сапасы, ластану, жер ресурстарының жай-күйі, ластану динамикасы, экологиялық жағдай өндірісінің қалдықтары.

УДК. 325.11

[1]S.M. Ismagulova, [1]A.A.Saipov, [2]P.S. Dmitriyev
([1]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[2]M.Kozybayev Nortn Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan
e-mail: saltamalikova@mail.ru)

GEOGRAPHY OF INTER-REGIONAL MIGRATION RELATIONS OFTHEPAVLODARREGION

Abstract. The article discusses current trends in the migration situation of Pavlodar region. In connection with the increase in the share of interregional migration flow, we assessed the intensity of migration links using the method for calculating the coefficient of intensity of interregional migration links (CIML). A comparative characteristic of the obtained calculations for 2008-2010 and 2017-2019 is carried out. The analysis of the geography of inter-regional migration ties is carried out and the geography of stable migration flows of the population to the Pavlodar region from the East Kazakhstan, Akmola, and Karaganda regions is revealed. A steady migration outflow of the population is directed to the capital region and is due to the high level of its socio-economic development.

Key words: migration, the coefficient of intensity of interregional migration links, the coefficient of migration turnover, the coefficient of migration growth, migration factors.

[1] С.М. Исмагулова, [1] А.А. Саипов, [2] П.С. Дмитриев
([1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, г. Нур-Султан, Казахстан
[2]Северо-Казахстанский государственный университет им. Козыбаева,
г.Петропавловск, Казахстан)

ГЕОГРАФИЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ МИГРАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация. В статье рассмотрены современные тенденции миграционной ситуации Павлодарской области. В связи с увеличением доли межрегионального миграционного потока, проведена оценка интенсивности миграционных связей с использованием метода расчета коэффициента интенсивности межрегиональных миграционных связей (КИМС). Проведена сравнительная характеристика расчетов КИМС по прибытию, выбытию за 2008-2010 гг. и 2017-2019 гг. Проведен анализ географии межрегиональных миграционных связей и выявлены география устойчивых миграционных притоков населения в Павлодарскую область из Восточно-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областей. Устойчивый миграционный отток населения направлен в столичный регион и обусловлен высоким уровнем ее социально-экономического развития.

Ключевые слова: миграция, коэффициент интенсивности межрегиональных миграционных связей, коэффициент миграционного оборота, коэффициент миграционного прироста, факторы миграции.

Введение. Миграционное поле Павлодарской области в период с 1991 по 2019 гг. претерпело достаточно сильные качественные и количественные изменения. Активная фаза развития миграционных процессов 1990-х гг., со значительными масштабами миграционных потоков с высокой долей эмигрантов, сменилась относительно спокойной фазой середины 2000-х гг., для которой, в формировании миграционного прироста присуще более широкое вовлечение казахстанских территорий в миграционный обмен с исследуемым регионом. Такая динамика обусловлена не только политическими и экономическими изменениями, произошедшими в стране в это время, но и успешной реализацией Государственной демографической политики Республики Казахстан, государственных программ регионального развития, направленных на рациональное территориальное расселение репатриантов, привлечение трудовых ресурсов и т.д.

Целью статьи является определение места Павлодарской области в структуре межрегиональной миграции Республики Казахстан, выявление причин и последствий межрегиональной миграции для определения и прогнозирования демографической ситуации области.

Материалы и методы исследования. Для оценки интенсивности миграционных связей Павлодарской области с другими территориями Республики Казахстан использовался коэффициент интенсивности межрегиональных связей (КИМС), введенный в научный оборот в 1973 г. известным демографом Л.Л. Рыбаковским. КИМС используется для определения интенсивности притока мигрантов из одной территории в другую, а также для сопоставления миграционных взаимоотношений между территориями.

КИМС по прибытию из области i в область j рассчитывается следующим образом:

$$K_{ij} = \frac{M_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} M_{ij}} \div \frac{S_i}{\sum_{i=1}^{m} S_i} = \frac{M_{ij} \sum_{i=1}^{m} S_i}{S_i \sum_{i=1}^{m} M_{ij}}$$

где Kij – коэффициент интенсивности межрегиональных миграционных связей i-го области выхода с j-м областью вселения (КИМС по прибытию);

Vij – доля i-го области выхода в общем числе прибывающего населения в j-й область вселения;

di – удельный вес i-го области выхода в суммарной численности населения всех областей;

Si – численность населения района выхода мигрантов;

Mij – число мигрантов, прибывших из i-го района выхода в j-й район вселения;

$\sum_{i=1}^{m} M_{ij}$– общая численность прибывших в область j из всех областей, с которыми область j поддерживает миграционные связи;

$\sum_{i=1}^{m} S_i$– общая численность населения областей выхода, с которыми область j поддерживает миграционные связи;

m – число всех областей выхода.

Л.Л. Рыбаковский приводит классификацию значения КИМС, в которой выделяет 5 групп: несущественные связи (КИМС<0,39), заметные (0,40–0,79), средние (0,80-1,24), повышенные (1,24-2,50) и высокие (>2,5) [1].

Для расчета коэффициента интенсивности миграционных связей взяты показатели среднегодовой численности населения тринадцати областей и городов Нур-Султан, Алматы и Шымкент, а также общий миграционный поток в Павлодарскую область из всех областей и городов республиканского значения за два периода 2008-2010 и 2017-2019 гг. КИМС по прибытию рассчитывался путем деления доли конкретной области в миграционном потоке в Павлодарскую область на удельный вес области в общей численности населения Республики Казахстан. Аналогично проведены расчеты КИМС по выбытию из Павлодарской области.

Информационной базой исследования послужили статистические данные Комитета по статистике Республики Казахстан.

Результаты. Современная демографическая ситуация в Павлодарской области, как и в целом Северного Казахстана обладает рядом особенностей, свидетельствующих о некоторых негативных тенденциях в демографическом развитии региона, в частности снижением численности населения, низким уровнем рождаемости, общей миграционной убылью, преобладанием территорий с повышенным оттоком населения (рис.1).

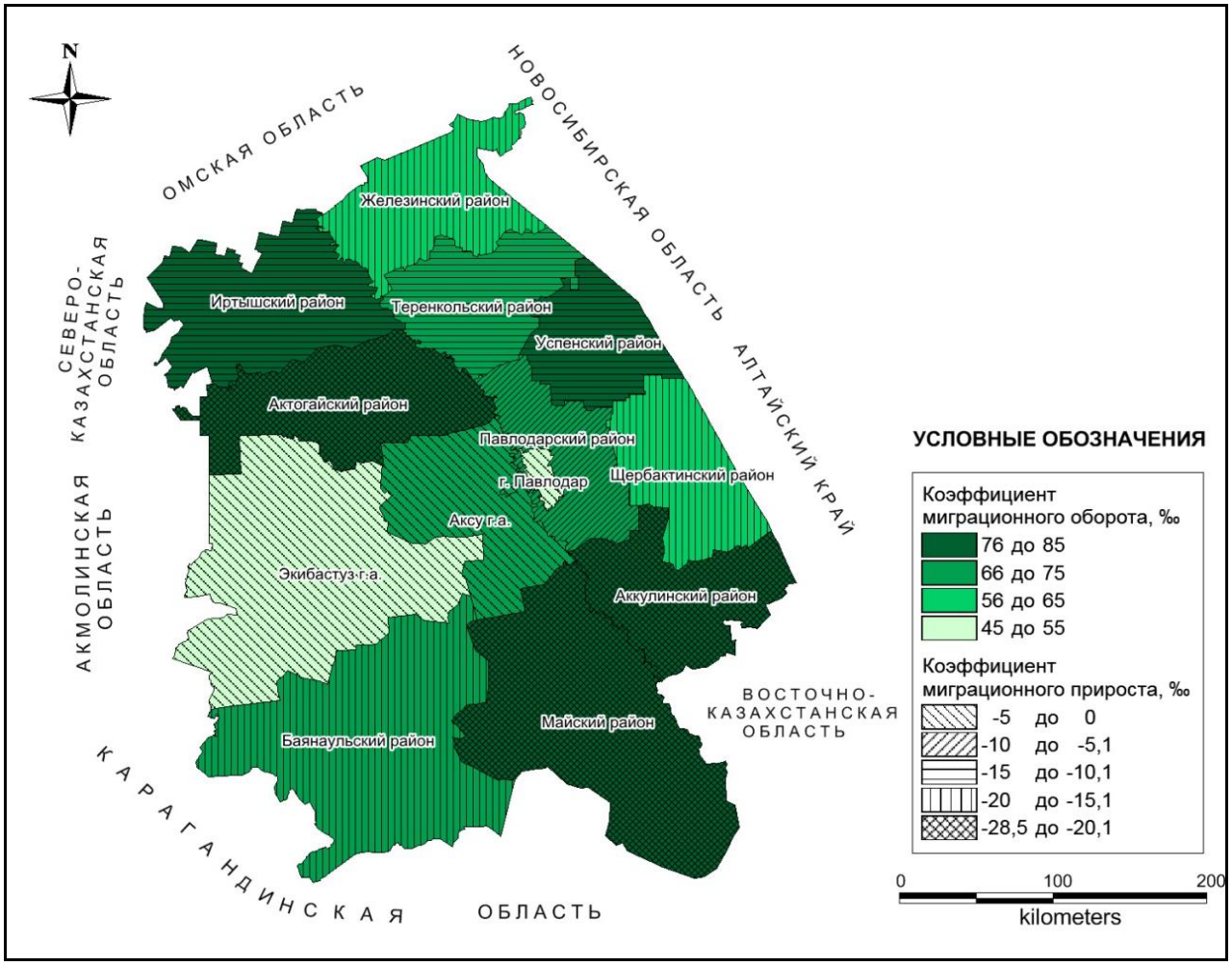


Рис. 1. Коэффициенты миграционного оборота и прироста Павлодарской области (2009-2018 гг.) (рассчитано и составлено авторами по источнику [2])

Рисунок 1 свидетельствует о преобладании территорий с показателем миграционного оборота в пределах 66-85‰, причем доля выбывших значительно превосходит долю прибывших. Например, в Аккулинском районе коэффициент прибытия за 2009-2018 гг. составил 27,1‰, а коэффициент выбытия практически в два раза больше и равен 52,5‰. Миграционная убыль населения отмечалась во всех районах Павлодарской области и особенно в приграничных с Российской Федерацией районах. Относительно невысокой миграционной убылью среди сельских районов характеризуется только Павлодарский район.

Таким образом, на протяжении всего периода нашего исследования, население из сельской местности устойчиво убывает и происходит схождение направления миграционных потоков на промышленно-развитые областной центр и г.Экибастуз.

Уровень снижения оттока населения, хотя и сократился к середине 2000-х гг., но все же по-прежнему находится на высоком уровне и преимущественно направлен в другие экономические районы страны, однако доля эмигрантов, выезжающих в страны СНГ еще значительна и колеблется в пределах 30-40 %, что связано с особенностями полиэтнического состава области (таблица 1).

Таблица 1. **Доля потоков выбытий и прибытий Павлодарской области (%)**

Годы	Потоки выбытий внешней миграции		Поток выбытий межрегиональной миграции	Потоки прибытий внешней миграции		Поток прибытий межрегиональ-ной миграции
	страны СНГ	другие страны мира		страны СНГ	другие страны мира	
1999	53,1	26,8	20,1	42,4	1,5	56,1
2000	52,6	22,7	24,7	37,4	1,5	61,1
2003	41,7	29,9	28,4	43,0	4,3	52,7

2006	29,9	6,7	63,4	34,0	18,9	47,1
2009	35,0	2,7	62,3	19,4	9,8	70,8
2012	38,4	2,0	59,6	14,4	1,6	84,0
2015	36,4	4,9	58,7	6,4	1,3	92,3
2018	33,1	3,3	63,6	4,9	1,1	94,0
2019	33,6	3,0	63,4	2,5	0,8	96,7

(рассчитано и составлено авторами по источнику [2])

В таблице отражены результаты подсчетов доли потоков внешней и межрегиональной миграции в сумме всех выбытий и прибытий за 1999-2019 гг. Доля внешней миграции имеет устойчивую тенденцию к сокращению, особенно по потокам прибытия. Межрегиональная миграция в потоке прибытий на протяжении всего периода являлась доминирующим компонентом и последние пять лет превышает 90 %. В противоположном потоке, в начале 2000-х гг. доля межрегиональной миграции едва достигала 20 % и в дальнейшем ее доля увеличилась примерно в 3 раза [2].

Сальдо межрегиональной миграции Павлодарской области характеризуется устойчивым отрицательным значением. Так, за десятилетний период с 2009-2019 гг. данный показатель только дважды в 2013 и 2015 гг. был выше нуля (рис.2).

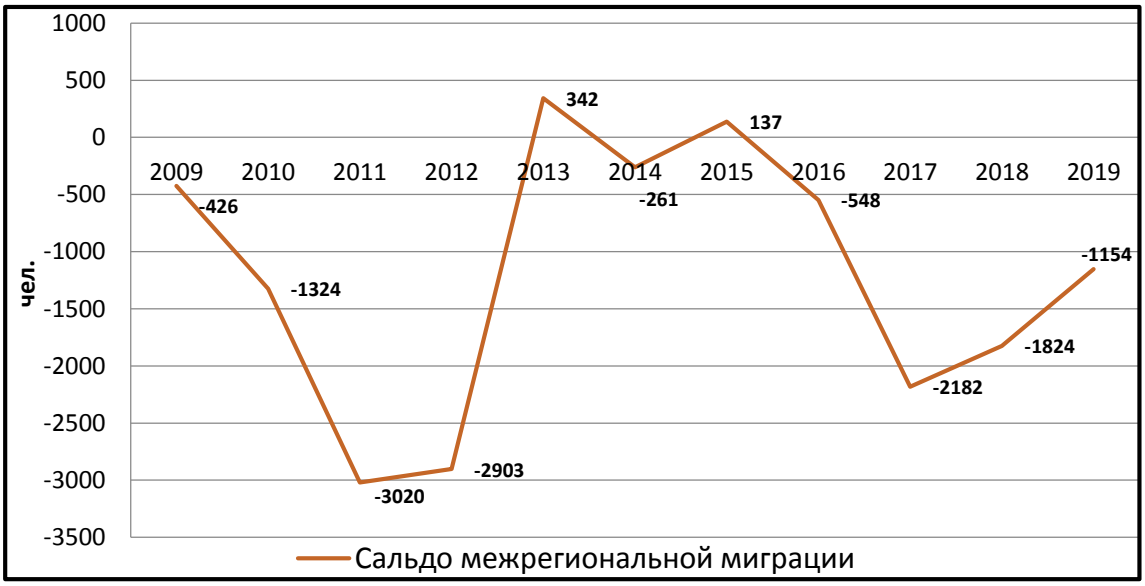


Рис. 2. Динамика сальдо межрегиональной миграции Павлодарской области
(рассчитано и составлено авторами по источнику [2])

Максимальные потери по межрегиональной миграции отмечались в 2011-2012 гг., когда показатель сальдо миграции достигал (- 3 тыс.чел). ситуация заметно улучшается в 2013-2015 гг. количество человек, прибывших в Павлодарскую область из других регионов Казахстана пусть не значительно, но превысило количество выбывших из исследуемого региона. С 2016 г. по настоящее время вновь сальдо принимает отрицательные значения с пиком в 2017 г. равным -2182 человек.

Расчеты коэффициентов миграционных связей Павлодарской области в 2008-2010-е гг. характеризуется преобладанием «несущественных» связей как по прибытию, так и по выбытию с западными и большинством южных областей, за исключением Алматинской области с «заметными» в рассматриваемый период связями (таблица 2).

Для соседних регионов: Акмолинской, Карагандинской областей были свойственны «повышенные», с Северо-Казахстанской областью «средние» связи. Восточно-Казахстанской область и г.Нур-Султан (г.Астана) всегда отличались «высокими» связями по прибытию. «Высокие» связи по выбытию сложились только с г.Нур-Султан, причем значения КИМС в пять и более раз превышали данный коэффициент Карагандинской области, занимающий вторую позицию.

В целом, полученные расчеты КИМС Павлодарской области свидетельствовали о существенном превосходстве межрегиональной миграции с г.Нур-Султан, на долю которого приходится около 50% мигрантов. Вторую строчку занимала Восточно-Казахстанская область (15-20%) , далее следовали Акмолинская и Карагандинская области (10-15%)

Таблица 2. **Результаты расчета КИМС Павлодарской области (2008-2010 гг.)**

Значения КИМС	КИМС по прибытию	КИМС по выбытию
Несущественные (<0,39)	Актюбинская (0,24); Атырауская (0,15); Западно-Казахстанская (0,30); Жамбылская (0,38), Кызылординская (0,26).	Актюбинская (0,15); Атырауская (0,18); Западно-Казахстанская (0,19); Жамбылская (0,17); Кызылординская (0,24); Мангистауская (0,33); Южно-Казахстанская (0,28).
Заметные (0,40–0,79)	Алматинская (0,44), Костанайская (0,77), Мангистауская (0,74), Южно-Казахстанская (0,54)	Алматинская (0,61); Костанайская (0,57).
Средние (0,80–1,24)	Северо-Казахстанская (1,24), г.Алматы (0,81)	Северо-Казахстанская (0,82).
Повышенные (1,24–2,50)	Акмолинская (2,13), Карагандинская (1,43)	Акмолинская (1,43), Карагандинская (1,55), Восточно-Казахстанская (1,27), г.Алматы (1,47)
Высокие (>2,5)	Восточно-Казахстанская (2,87), г.Нур-Султан (Астана) (3,16)	г. Нур-Султан (Астана) (8,36)

(рассчитано и составлено авторами по источнику [2])

Количество казахстанских регионов, с которыми в 2008-2010-е гг. коэффициент межрегиональных связей были «несущественными», «заметными» и «средними» составило десять областей и один город. Только с тремя областями и одним городом связи были «повышенными» и «высокими».

Результаты расчета КИМС как прибытию, так и по выбытию за 2017-2019 гг. подтверждают тренд «несущественных» связей с западными областями страны (таблица 3). В сравнении с соответствующими расчетами за 2008-2010 гг. ситуация с южным регионом согласно КИМС по прибытию несколько изменилась в сторону увеличения значения КИМС и переходу Жамбылской области в группу областей с «заметными» связями, Алматинской из группы областей с «заметными» связями в группу со «средним» КИМС. Причем показатель КИМС по выбытию с южными областями не претерпел изменений. Павлодарцы не выбирают данный регион в качестве места жительства, даже г.Алматы стал терять свою позицию и перешел в разряд - «средние» связи.

В группе областей с «повышенными» связями КИМС по прибытию существенных изменений не произошло. К Акмолинской и Карагандинской областям добилась Восточно-Казахстанская, находившаяся раннее в группе «высокие» связи. Карагандинская область стала менее привлекательна в качестве региона проживания для павлодарцев. «Высокими» значениями КИМС обладает г. Нур-Султан, что соответствует общеказахстанской тенденции, т.е. межрегиональные миграционные потоки распределяются в пользу наиболее динамично развивающегося центра.

Таблица 3. **Результаты расчета КИМС Павлодарской области (2017-2019 гг.)**

Значения КИМС	КИМС по прибытию	КИМС по выбытию
Несущественные (<0,39)	Актюбинская (0,18); Атырауская (0,16); Западно-Казахстанская (0,12); Мангистауская (0,27); Кызылординская (0,38)	Актюбинская (0,17); Атырауская (0,16); Западно-Казахстанская (0,15); Мангистауская (0,18); Жамбылская (0,21); Кызылординская (0,16); Южно-Казахстанская (Туркестанская) (0,25)
Заметные (0,40–0,79)	Костанайская (0,52); Жамбылская (0,53); Южно-Казахстанская (Туркестанская) (0,65); г.Алматы (0,45); г.Шымкент (0,50)	Костанайская (0,46); Северо-Казахстанская (0,63); Алматинская (0,41); г.Шымкент (0,44)
Средние (0,80–1,24)	Алматинская (1,24), Северо-Казахстанская (0,95)	Карагандинская (0,93); г.Алматы (0,94)
Повышенные (1,24–2,50)	Акмолинская (1,80); Карагандинская (1,26); Восточно-Казахстанская (2,49)	Акмолинская (1,61); Восточно-Казахстанская (1,31)
Высокие (>2,5)	г.Нур-Султан (4,60)	г.Нур-Султан (8,54)

(рассчитано и составлено авторами по источнику [2])

Таким образом, с большинством территорий у Павлодарской области сложились «несущественные» и «заметные» связи. В группу с «повышенными» и «высокими» связями входят только три области и столицу.

На основании проведенных расчетов КИМС сделан основной вывод, что традиционные межрегиональные потоки Павлодарской области связаны с соседними Восточно-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областями и со столицей. Это одна из основных закономерностей миграции, описанных Э. Равенштейном: «Большая часть мигрантов перемещается лишь на небольшие расстояния» [3].

В условиях механической убыли трудоспособного населения страны в Северных регионах и в Павлодарской области в частности возникло противоречие. С одной стороны, нарастает дефицит рабочей силы в динамично развивающихся территориях и больших городах, который не удается решить за счет использования собственного трудового потенциала. Требуется привлечение дополнительных трудовых ресурсов, например, из трудоизбыточных южных регионов. Для этого необходимо стимулирование внутренней миграционной мобильности рабочей силы. Миграционный отток из северного региона страны усугубляет в них проблему дефицита трудовых ресурсов, становится существенным ограничением для развития собственной экономики и сельского хозяйства. Так на 2019 г. в Павлодарской области насчитывается 25 тыс. вакансий, из них 10 тыс. – это постоянные рабочие места [4].

Государством приняты меры по регулирования внутренних миграционных потоков и реализуются ряд программ («Дорожная карта 2020»,«Нұрлы көш», «Еңбек», «Серпін» и др.) по активизации миграционной мобильности казахстанцев с тем, чтобы использовать трудовые резервы трудоизбыточных регионов и переориентировать миграционные потоки с центра в другие регионы, в первую очередь – в Северный Казахстан.

Большинство программ, инициированных государством так и не принесло ожидаемых результатов, казахстанские граждане которым предлагалось поучаствовать в миграционной программе, не спешат соглашаться. Так, программа «Нурлы Кош», действовавшая с 2009 по 2011 гг. была признана безуспешной и остановлена досрочно [5,6,7].

Ожидания разработчиков программы «Серпін» основаны на предположении о том, что после окончания обучения молодежь из южных областей останется жить на севере страны. Однако, в реальности получив образование большинство выпускников не остаются в северных регионах. Так, из 154 студентов, окончивших в 2019 г. Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова в области трудоустроилось 79 выпускников.

К успешным проектам следует отнести «Нұрлы-Ертіс», реализующийся в рамках Государственной программы развития продуктивной занятости и массового предпринимательства на 2017-2021 гг. «Нұрлы-Ертіс» вызвал повышенный интерес среди жителей г.Нур-Султан. По данной программе в 2019 г. из столицы в Экибастуз переехали 220 семей (1241 человек), из них больше половины – многодетные. Прибывшие семьи обеспечиваются жильём, а все трудоспособным переселенцем предоставляется работа [8].

Региональные власти должны осознать, что межрегиональная миграция – это не только перемещение человеческого ресурса из одного региона в другой, но и перемещение человеческого капитала, особого интеллектуально-информационного ресурса, потери которого дорого обходятся региональной экономике.

Одной из задач внутренней миграционной политики региона должно стать сохранение, развитие и эффективное использование собственного человеческого потенциала. Этому будет содействовать создание новых более качественных рабочих мест, расширение возможностей получения высшего образования, относительно высокий уровень заработной платы, оказание помощи молодым семьям. От миграционной политики регионов можно ожидать положительных результатов только при условии создания лучших условий для труда и жизни по сравнению с соседними регионами. Необходимо проводить активную работу по формированию имиджа региона, привлекательного для потенциальных мигрантов.

Выводы

1. Межрегиональная миграция в территориальном расселении населения Казахстана находится под сильным воздействием физико-географических и экономико-географических особенностей государства и потоки миграции локализуются в пределах регионов – Севера, Юга и Запада. Климатические условия, уровень и перспективы социально-экономического развития территорий,

социально-культурные условия являются основными географическими факторами миграционного движения населения.

2. Межрегиональная миграция в Павлодарской области занимает определяющее место в структуре входящих и исходящих миграционных потоков, ее интенсивность за рассматриваемый период возросла, однако миграционные потери населения, направленные за пределы страны стабильно высоки (ежегодно 3-5 тыс. человек).

2. География регионов, формирующий приток населения Павлодарской области представлена Восточно-Казахстанской, Акмолинской, Карагандинской областями и г. Нур-Султан. В связи с реализацией государственной программы переселения из южных регионов несколько увеличился КИМС по прибытия с Туркестанской, Жамбылской областями.

3. К основному миграционному потоку, формирующий устойчивый отток населения из Павлодарской области, следует отнести переселение в столицу (в 2018 г. отрицательное сальдо миграции 2,6 тыс. чел.).

4. Межрегиональная миграция негативно влияет на качественные характеристики человеческого потенциала Павлодарской области: регион теряет наиболее активное, образованное население трудоспособного возраста.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Рыбаковский Л.Л. Миграция населения (вопросы теории). М.: ИСПИ РАН, 2003. 238 с.

[2] Официальный интернет-ресурс Комитета по статистике Республики Казахстан URL:http://stat.gov.kz (дата обращения 15.07.2019 г.).

[3] Wikipedia, Human migration. Либо первоисточник: E.G. Ravenstein. The Laws of Migration // Journal of the Royal Statistical Society. 1885. - № 46. - P. 167-235.

[4] Официальный интернет-ресурс акимата **Павлодарской** областиURL:http://pavlodar.gov.kz/(дата обращения 05.02.2020 г.).

[5] Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан URL: http://adilet.zan.kz/Об утверждении Концепции миграционной политики Республики Казахстан на 2017-2021 годы. Постановление Правительства Республики Казахстан от 29 сентября 2017 года № 602 (дата обращения 30.01.2020 г.).

[6] Официальный интернет-ресурс Стратегия 2050.URL: https://strategy2050.kz (дата обращения 30.01.2020 г.).

[7] Об утверждении Государственной программы развития продуктивной занятости и массового предпринимательства на 2017-2021 гг. «Еңбек» // «Казахстанская правда», № 223 (28852).

[8] Официальный интернет-ресурс Управление предпринимательства и торговли Павлодарской областиURL: http://upt.pavlodar.gov.kz (дата обращения 06.02.2020 г.).

Исмагулова С.М., Саипов А.А., Дмитриев П.С.

Павлодар облысының аймақаралық миграциялық қатынасының географиясы

Түйіндеме. Мақалада Павлодар облысының көші-қон ахуалының қазіргі тенденциясы талқыланады. Аймақаралық көші-қон ағынының үлесінің артуына байланысты біз көші-қон байланыстарының қарқындылығын аймақаралық көші-қон байланыстарының (АКБИК) интенсивтілік коэффициентін есептеу әдісін қолдана отырып бағаладық. 2008-2010 және 2017-2019 жылдарында алынған есептеулердің салыстырмалы сипаттамасы жасалды. Аймақаралық көші-қон байланыстарының географиясына талдау жасалып, халықтың Шығыс Қазақстан, Ақмола және Қарағанды облыстарынан Павлодар облысына тұрақты көші-қон ағындарының географиясы анықталды. Көші-қонның тұрақты ағымы астаналық аймаққа бағытталған және оның әлеуметтік-экономикалық дамуының жоғары деңгейіне байланысты.

Түйін сөздер: көші-қон, аймақаралық көші-қон байланыстарының қарқындылық коэффициенті, көші-қон айналымы коэффициенті, көші-қон өсу коэффициенті, көші-қон факторлары.

Zh.M.M.Taijanova, Zh.P.Dmitriev, E.Konyrbaev
(North Kazakhstan state University named after .M. Kozybaeva
c. Petropavlovsk, Kazakhstan)

TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL NORTH KAZAKHSTAN REGION: PROBLEMS AND PROSPECTS OF ITS DEVELOPMENT

Abstract. The article is devoted to the study of the resource potential for the development of tourism in the North Kazakhstan region.It also discusses the various areas of tourism, their opportunities in this region, including such types of tourism as eco-tourism.The article provides for large-scale work in the field of education, in the ecological

sphere, in the improvement of settlements, as well as in the restoration of cultural objects and historical monuments. Local history and ecological tourism are the main aspects that underlie the development of sacred geography in the North Kazakhstan region. A lot of work is being done to develop tourism in the country, and first of all, it is the development of special programs for the development of domestic and outbound tourism. In addition, tourism today creates one in ten jobs in the world. The directions of ecological tourism and regional studies are one of the ways to devolop tourism Northem Kazakhstan.In particular,there are ways to estblish a system of territorial structres in your region to implement long-term ekonomic development for tourist recreational areas. The necerrity to estimate the ecosystem tourism as one of the indicator of resourse development. Recognizing the historical cultural resources group as one of the resourse indicators of tourism development.This, in tum, acquainted with ancient and new histori of our region, takes a big plase in the development of national patriotism.

Key words: tourist cluster, resource potential, North Kazakhstan region, sacral objects, digitalization, ecological tourism.

М.М. Тайжанова,П.С. Дмитриев , Е.Г. Конырбаев
(Северо-Казахстанский государственный университет им М.Козыбаева
г. Петропавловск Казахстан)

ТУРИСТКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Аннотация. Данная статья посвящена изучению ресурсного потенциала для развития туризма в Северо-Казахстанской области. Также в нем рассматриваются различные направление туризма, их возможности на территории данного регионга, в том числе экологический туризм.Статья предусматривает масштабную работа в сфере образования, в экологической сфере, в благоустройстве населённых пунктов, а также в восстановлении культурных объектов и исторических памятников. Краеведение и экологический туризм – главные аспекты, которые лежат в основе развития объектов сакральной географии на территории Северо-Казахстанской области. Для развития туризма в стране проводится большая работа, и в первую очередь это разработка специальный программ по развитию внутреннего и выездного туризма. К тому же, туризм сегодня создает каждое десятое рабочее место в мире.Направления экологического туризма и краеведения являются одним из путей развития туризма в Северном Казахстане. В частности существуют способы создания системы территориальных структур в нашем регионе для релизации долгосрочных стратегических комплексных программ для дальнейшего развития туристко рекреационных территорий. Необходимость оценивать экосистемный туризм как один из показателей развития рекрационных ресурсов для нашего региона.

Ключевые слова:туристский кластер, ресурсный потенциал, Северо-Казахстанская область, сакральные объекты, цифровизация, экологический туризм.

Туризм на сегодня как одно из направлений мировой экономики является, не только крупнейшей, но и наиболее динамично развивающейся отраслью мировой экономики, темпы роста которой несколько раз превосходят темпы роста других отраслей экономики. По ключевым показателям, в том числе по эффективности инвестиционных вложений, туризм и рекреация сравним разве что с энергетической отраслями мировой экономики. Например, на рекреационное приходится около 10 % мирового совокупного продукта, 30 % мирового экспорта услуг, 7 % мировых инвестиций, 10 % рабочих мест и 5 % всех налоговых поступлений. В среднем для получения доходов, эквивалентных тем, которые дает один иностранный турист, надо вывозить на мировой рынок примерно 9 тонн каменного угля или 15 тонн нефти или 2 тонны высокосортной пшеницы. При этом как мы знаем что, продажа сырья является, не возобновим и истощает энергетический потенциал любого государства, а туризм и рекреационное направление работает на возобновление ресурсов. На сегодня любой турист, въезжающий в страну, расходует в где-то около 20 долларов США каждый час, 30 туристов генерируют 1 рабочее место[1].

Туризм как одной из направлений мировой экономики и как род человеческой деятельности относится к группе отраслей и направлений деятельности, которые имеют ярко выраженную ресурсную ориентацию, проявляя в этом сходство и различия с другими ресурсоориентированными отраслями мировой экономики. Туризм как сфера деятельности предъявляет требования к значительным площадям территории с нетронутой природой. Поэтому естественные ресурсы играют огромную роль в выборе туристами районов отдыха и путешествия. Современные туристы учитывают особенности ландшафта и климата, богатство и разнообразие растительного и животного мира, естественные возможности для занятия охотой, рыбной ловлей, спортом.

В связи развитием туризма, особенно в последние годы, возникает необходимость четкого определения понятия «туристско-рекреационный потенциал» для формирования у специалистов по

туризму представления о данном термине. Вместе с тем, содержание этого термина далеко не элементарно и должно быть ограничено более или менее отчетливыми рамками. Само слово "потенциал" (на латинском potential- сила) обозначает "возможности", средства, запасы, которые могут быть использованы для решения какой- либо задачи. Это достаточно ёмкое и универсальное определение, безусловно может быть принято за основу. Также необходимо определить, чем ещё он характеризуется? Какие ещё определения можно вложить в этот термин? Да можно сказать, что туризм имеет экономическую природу, а рекреация имеет социальную природу.

Что касается туризма, то, например, Артемова Е.Н. выделяет следующие виды туризма:

1) по географическому принципу:
- *внутренний*
- *международный.*

2) по целям деятельности можно выделить следующие виды туризма:
- *познавательный;*
- *культурно-исторический;*
- *паломнический;*
- *спортивно-оздоровительный;*
- *активный;*
- *рекреационный;*
- *деловой;*
- *событийный;*
- *экотуризм*[2]. [Е.Н.Артемова, Основные виды туризма, учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / Е.Н. Артемова, О.Г. Владимирова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2015. – 172 с., с.10].

Термину "потенциал " близок термин "ресурс". Отличается он от последнего тем, что хоть применяется в форме единственного числа, но всегда подразумевает совокупность характеристик, предметов, явлений. Еще одно отличие потенциала от ресурса состоит в том, что потенциал четко связан с конкретной задачей, для решения который он определяется. В то время как ресурс хотя и рассматривается в контексте своего назначения, но его связь с конкретным пользователем не столь определенна.

Например, лесные ресурсы территории могут использоваться туристами и промышленностью. Если же мы говорим о туристском потенциале территории и оцениваем при этом его лесной компонент, то сразу подразумеваем именно те свойства, которые существенны для их туристского использования. И самое главное - это, конечно же, оценка этого объекта с помощью сравнения с потенциалом другого объекта[3].

Ердавлетов С.Р. дает определение: «туристко-рекреационные ресурсы - это сочетание элементов природного и антропогенного происхождения, которые вместе, либо каждый в отдельности является предметом интереса туристов». Он подразделяют их на две большие группы: природные и социально-экономические (антропогенные). Туристко-рекреационные ресурсы представляют собой совокупность природных и созданных человеком объектов и явлений окружающей среды, пригодных для производства туристско-рекреационных услуг и удовлетворения потребностей в лечебном, оздоровительно-спортивном и познавательном туризме [4].

Необходимым условием нормальной человеческой жизни, средством компенсации напряжения и восстановления работоспособности человека, является рекреация. Основной задачей рекреации можно отметить восстановление физических и психических сил каждого члена общества, развитие духовного мира человека и его творческих способностей.

Самым распространенным пониманием «рекреации» является ее отождествление с понятием «отдых», что является совокупностью явлений и процессов, связанных с восстановлением сил во время отдыха и лечения [5]. [Сазыкин А.М. Полемические заметки географа о проблемах терминологии в рекреационной географии и туризме // Туризм на Дальнем Востоке: бизнес, инвестиционные стратегии, образование и экология: материалы регион, науч,-практ. конф. Владивосток, 2002. – С. 306-310].

Концепция Орлова А.С. предлагает заменить термин «рекреация» понятием «отдых» и означает специфическую биологическую и социальную активность субъекта, сопровождающуюся переживанием им рекреационного эффекта [6]. [Орлов А.С. Социология рекреации. М.: Наука, 1995. – 247 с., с. 48].

Зорин И.В. под «рекреационной деятельностью» также понимает «деятельность, направленную на реализацию рекреационных потребностей; восстановление и развитие физических и духовных сил человека; его интеллектуальное совершенствование, характеризуемое самоценностью не только результатов, но и самого процесса» [7]. Зорин И.В. Рекреационная сущность экологического туризма // Теория и практика физической культуры. 2002. – № 11. С. 9-13].

Также можно сказать что, природные рекреационные ресурсы - это природные и природно-технические системы, тела и явления природы, которые обладают комфортными свойствами для рекреационной деятельности и могут быть использованы в течение некоторого времени для организации отдыха и оздоровления определенного контингента людей.

Анализ, проведенный областным управлением предпринимательства и туризма, показал, что в Северо–Казахстанской области имеется большой рекреационный потенциал для развития туризма. Развитию туризма благоприятствуют следующие факторы: СКО занимает 1-ое место в республике по количеству озер, 2-ое - по площади лесных массивов и 3-е - по протяженности дорог. В области туристско-рекреационный потенциал представлен следующими объектами: 1)природно-рекреационными; 2)природно-техническими; 3)архитектурными; 4)историко-революционными; 5)археологическими. К природно-рекреационным объектам относятся геоморфологические, гидротехнические, зоологические, ботанические. В настоящее время функционируют 1 государственный национальный природный парк «Кокшетау», 6 заказников и 12 памятников природы республиканского значения [8].

Но вместе тем в области не решены ряд насущных проблем, которые препятствуют развитию туризма в регионе. Это слабая инфраструктура, отсутствие хороших дорог, гостиниц, которые не соответствуют международным стандартам и их слабая загруженность. К примеру, в одной из крупных гостиниц города Петропавловска «Кызыл Жар» загруженность составляет 15%. Инвестиционная не привлекательность объясняется долгой окупаемостью вложений, низким уровнем услуг, не круглогодичностью, а сезонностью, пик которой приходится на 3 - летних месяца и т.д. Это только некоторые из основных проблем, которые необходимо решать.

В 2015 году утверждены Мастер-план развития туризма в Северо-Казахстанской области и План мероприятий по его реализации. По итогам совместной работы с Министерством по инвестициям и развитию в 2015 г. Айыртауский район включен в кластер «Единство природы и кочевой культуры». Разрабатывается проект комплексного плана развития Имантау-Шалкарской курортной зоны Северо-Казахстанской области. На сегодняшний день в регионе действует 50 баз отдыха и реализуются 26 инвестиционных проектов на 2 млрд. т. В Имантауско-Шалкарской курортной зоне 9 проектов на 411 млн. т. Постановлением Правительства РК от 31 марта 2018 г археологический объект - поселение Ботай вошел в число трех республиканских музеев-заповедников, что очень важно для развития этнотуризма и краеведения.

С 2014 г. проводится инвентаризация земельных участков, по итогам которых изымаются неиспользуемые участки и передаются в аренду на туристко-рекреационные цели.

Сформирован реестр туристических фирм, гостиниц, зон отдыха на территории области. Количество объектов размещения в течение 5 лет (2014 - 2018 г.) увеличилось в 1,8 раза с (54 до 101 ед.). Для развития внутреннего туризма в области разработаны и действуют 30 маршрутов, в том числе и турфирмой ТОО «Прогресс» 18 маршрутов по области и областному центру - г. Петропавловск. Государственным национальным природным парком «Кокшетау» разработано 12 маршрутов по Имантау-Шалкарской курортной зоне. Номерной фонд гостиниц за 5 лет увеличился до 1437, что больше в 1,9 раза, чем в 2013 году. Единовременная вместимость за анализируемый период возросла в 2,3 раза с 1787 до 4180 койко- мест (табл. 1).

Таблица 1

Наименование	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	2018 г.
Объекты размещения	54	60	66	91	101
Обслужено резидентов	62051	61064	64	85958	112423
Обслужено нерезидентов	3145	3459	3442	5058	8424
Объем оказанных услуг	432	473,7	583,5	826,1	1000,7
Номерной фонд	768	838	917	1357	1496
Койко-мест	1787	1999	2286	3870	4180

Имантау–Шалкарская курортная зона в СКО включена в Государственную Программу развития туризма до 2025 г. По этой программе на нашей области развития туристкой отрасли 2019-2025 годы в эту природно-рекреационную зону до 2025 года будут направлены 23 млрд.т из Республиканского бюджета, так как Имантау- Шалкарская курортная зона входит наиболее приоритетных топ -10 направлении в нашей стране . Например, в 2018 г. здесь побывало около 45 тысяч туристов. В курортной зоне действует 38 зон отдыха, в которых единовременный прием туристов составляет 3 тыс чел. В них цены на отдых весьма приемлемы. Комфортабельный номер семье обойдется в 20 тысяч тенге за сутки, обычные номера - от 12 тыс. т. В 2019 г. планируется открытие 6 таких зон, в последующие годы - 5 зон. Один из таких объектов- база отдыха «Шалкар Су». Сюда инвестор вложил 1 млрд. т инвестиции, ввод санатория на 200 мест планируется в конце 2019 года. Этот санаторий рассчитан для отдыха и лечения, прежде всего учителей, врачей, ветеранов, государственных служащих, которые по профсоюзным путевкам вынуждены выезжать на отдых в другие регионы. И это, притом, что у нас есть такие прекрасные природные условия, которые долгое время не использовались [9].

Вместе с тем, процесс обновления баз отдыха достаточно затруднителен, поскольку не все готовы к вложению инвестиций. Для развития туризма, прежде всего, нужна развитая инфраструктура. И в первую очередь, дороги. В 2018 г. в Айыртауском районе на эти цели было вложено около 3 млрд т для ремонта 100 км трассы. В 2019г. на реконструкцию дорожного полотна из бюджета запланировано 3,5 млрд т. Ожидается, что будут улучшены 140 км дорог, за счет чего сократится время пребывания в пути туристов до 30% [11].

Проведенный анализ факторов для развития туризма в СКО выявил некоторые проблемы : 1 - необходимость выработки стратегии развития туризма для систематизации подходов; 2 - определение приоритетов развития 4 районов области, которые имеют привлекательный природный ресурс; 3 - отсутствие якорных проектов в сфере туризма, ради которых туристы должны стремиться посетить наш регион. 4 - необходимость проведения инвентаризации туристских объектов; 5 - вовлечение в оборот неиспользуемых земель. Кроме того, по мнению специалистов, требуется обновление материально-технической базы объектов туризма.

На сегодняшний день изношенность материальный базы составляет около 60%. Следует отметить, что имиджевая работа по пиару туризма находится на начальном этапе. Даже многие североказахстанцы не знают об интереснейших местах нашего региона, не говоря о приезжих гостях и иностранных туристах. Одним из паровозов развития экономики СКО должен стать туризм. Поток туристов планируется довести до 400 тыс. чел. Основной поток туристов ожидается из ближайших областей России, которые пока ездят чуть дальше нашей области (до Борового). Например, в настоящее время Боровое ежегодно посещают от до 1,3 миллионов туристов за один сезон. Имантау- Шалкарская курортная зона принимает около 50 тысяч туристов в год, природные условия которые не уступают Щучинско-Боровской зоне, здесь имеется красивый горно-сопочный рельеф с озерами, имеющими лечебные свойства.

Предстоит большая работа по привлечению инвесторов и инвестиции в туристко-рекреационный сектор. Большинство туробъектов (около 90%) не соответствуют международным стандартам. Многие из них не могут туристам создать элементарные условия комфортного пребывания - низкое качество оказываемых услуг и отсутствие стандартного сервиса.

Предстоит изучение характеристик основных туристко-экскурсионных маршрутов с определением объема финансирования. В рамках Государственной программы «Дорожная карта бизнеса - 2020» с 2013 по 2016 гг реализовано 26 проектов. С 2017 г. финансирование Программы осуществляется в рамках трансфертов общего характера. При этом субсидировано за три года равными суммами по 902,024 млн. т без учета поддержки новых проектов. В 2019 г. сумма ранее принятых обязательств по имеющимся проектам составляет 1600 млн. т [10]. Недостаточное финансирование Программы не позволяет осуществлять поддержку и осуществление новых проектов в сфере туризма и рекреации в целом. Поэтому одним из ключевых моментов является увеличение объема финансирования и субсидирования. Для районов и городов области характерна следующая специализация в сфере туризма:

- экологический туризм (Айыртауский, Кызылжарский, Есильский районы);
- культурно-познавательный (г. Петропавловск, Айыртауский район);
- лечебно-оздоровительныйй и медицинский (Айыртауский, Мамлютский район);
- пляжный (Айыртауский, Есильский, Кызылжарский и Шал Акын районы);
- сельский туризм (Айыртауский, Есильский, Кызылжарский и Шал Акын районы);

- деловой туризм (г.Петропавловск, Кызылжарский район);
- религиозный туризм (Тайыншинский, Есильский районы).
- Проблемы отрасли:
- высокий моральный и физический износ материальной базы объектов размещения;
- плохое состояние транспортной инфраструктуры;
- проблема экологического состояния рекреационных зон;
- слабое сотрудничество местных представителей туристского и гостиничного бизнеса;
- низкое качество обслуживания в местах размещения;
- высокие цены на туристические продукты;
- слабое маркетинговое продвижение туристских продуктов региона [11].

Выводы : Подводя итог вышесказанному, следует отметить, что:

1. Северо-Казахстанская область представляет значительный интерес с точки зрения развития многих видов туризма и рекреации.

2. Туризм способствует развитию малого и среднего бизнеса, так как именно это часть предпринимателей работают в данной сфере. Туристическая отрасль не может существовать без инвестиций и финансирования. Необходимо использование принципов государственно-частного партнерства, которое напрямую «завязан» на развитии транспортно-логистической инфраструктуры, являющейся первоосновой развития туризма.

3. В нашей области есть все необходимое для того, чтобы поток путешественников к его природным и историко-культурным достопримечательностям возрастал. Это выгодное географическое положение, разнообразие ландшафтов, богатое историческое наследие, живые традиции, радушное гостеприимство, приемлемая стоимость отдыха.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Государственная программа развития туристкой отрасли Республики Казахстан на 2019-2025 годы. Утвержден постановлением Правительство Республики Казахстана от 31 мая 2019года №360

[2] Е.Н.Артемова, Основные виды туризма, учебно-методическое пособие для высшего профессионального образования / Е.Н. Артемова, О.Г. Владимирова. – Орел: ФГБОУ ВПО «Госуниверситет - УНПК», 2015. – 172 с., с.10].

[3] Туристко-рекреационный потенциал Северо-Казахстанской области. Ю.В. Кузьменко. Учебно-методическое пособие. Петропавловск, 2013-213 с.

[4] Туризм Казахстана. Учебное пособие /коллектив авторов под ред. Ердавлетова С.Р. Алматы: Бастау, 2015 - 520 с.

[5] Сазыкин А.М. Полемические заметки географа о проблемах терминологии в рекреационной географии и туризме // Туризм на Дальнем Востоке: бизнес, инвестиционные стратегии, образование и экология: материалы регион, науч,-практ. конф. Владивосток, 2002. – С. 306-310].

[6] Орлов А.С. Социология рекреации. М.: Наука, 1995. – 247 с., с. 48

[7] Зорин И.В. Рекреационная сущность экологического туризма // Теория и практика физической культуры. 2002. – № 11. С. 9-13].

[8] География Северо-Казахстанской области. Учебное пособие под общ. ред. В.И. Дробовцева - Петропаловск. СКГУ им М. Козыбаева, 2009 -125 с.

[9] РГУ «Департамент статистики Северо-Казахстанской области Комитета по статистике Министерства национальной экономики Республики Казахстан» http://www.stat.gov.kz/sko

[10] Газета Северный Казахстана 15 июня 2019 № 65 (25088)« Базовый пример».

[11] «Программа развития территории Северо-Казахстанской области на 2016-2020 годы». Петропавловск 2019 г. 118с

Тайжанова М.М., Дмитриев П.С. , Конырбаев Е.Г.

Солтүстік-қазақстан облысы туристік-рекреациялық әлеуеті және оның даму мәселелері мен перспективалары

Түйіндеме. Мақала Солтүстік Қазақстан облысында туризмді дамыту үшін ресурстық әлеуетті зерттеуге арналған. Сондай-ақ туризмнің түрлі салаларын, олардың осы аймақтағы мүмкіндіктерін, соның ішінде экотуризм сияқты туризм түрлерін талқылайды. Бұл мақалада өңіріміздің экологиялық туризімді дамыту жолдары, соның ішінде тарихи ескіркіштерді қалпына келтіру жаңа экологиялық туристік бағыттарды айқындау, мәдени маңыздылығы бар нысандарды қалпына келтіру. Экологиялық туризм және өлкетану бағыттары Солтүстік Қазақстанда туризм бағыттарын дамытудың бір жолы болып табылады. Соның ішінде туристік рекреациялық кеңістікті шаруашылық жағынан игерудің ұзақ мерзімді бағдарламаларын жүзеге асыру үшін өңірімзде белгілі бір аумақтық құрлым жүйелері құру жолдары қарастырлады.Туризімді соның ішінде экологиялық туризімді туризімді дамытудың ресурстық көрсеткіштердің бірден бір көрнісі деп есептеу

қажеттілігі. Туризімді тарихи мәдени ресурстар тобын туризімді дамытудың ресурстық көрсеткіштерінің бірден бір көрнсі деп есептеу. Бұл өз кезегінде аймақымыздың көне және жаңа тарихымен таныстыруда, ұлттық патротизімді дамытуда, үлкен орын алады.

Түйін сөздер: туристік кластер, ресурстық әлеует, Солтүстік Қазақстан облысы, рекреация объектілері, цифрлау, экологиялық туризм.

ӘӨЖ 910:801.311 (574.21)

A.M. Nurpeisova, K.T. Saparov, A.E. Eginbaeva
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan,
Kazakhstan, e-mail: akerke_140285@mail.ru)

GEOGRAPHICAL FEATURES OF THE STUDY OF THE TOPONYMIC SYSTEM OF KOSTANAY REGION

Annotation: The article describes the geographical names of the Kostanay region and is grouped by physical and geographical conditions. For the first time, the geographic toponymic system of the Kostanay region was classified. More than 6,000 place names were identified and justified in the form of diagrams that confirm the physical and geographical features of the region.

Key words: topsystem, classification, hydronym, oronym, oikonym, necronym, microtoponyms.

А.М. Нурпейсова, Қ.Т. Сапаров, А.Е. Егинбаева
(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Астана қ.,
e-mail: akerke_140285@mail.ru)

ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ ТОПОНИМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУДІҢ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Түйіндеме: Мақалада Қостанай облысының географиялық атаулары физикалық - географиялық жағдайлары негізінде сипатталып, топтастырылды. Қостанай облысының топонимикалық жүйесі географиялық тұрғыдан алғаш рет жіктелді. Аумақтың физикалық - географиялық ерекшеліктерін негіздейтін 6 000 - нан астам топонимдер жүйесі анықталып, диаграмма түрінде нақты деректер арқылы дәлелденді.

Түйінді сөздер: топожүйе, классификация, гидроним, ороним, ойконим, некроним, микротопоним.

Кіріспе. Географиялық атауларды белгілі бір жүйеге келтіріп, жіктеу олардың түрліше топтастыру үлгілерін қалыптастырды. Географиялық атауларды зерттеу барысында жүйелеу әдісін қолданады. Жүйелеу деп белгілі бір ортақтығы бар, бірақ бір-бірінен тұрақты белгілері арқылы айырмашылық жасайтын топонимдерді зерттеу мақсаты мен таңдап алынған ұстанымдарға сәйкес жиынтықтарға ажыратумен байланысты әдістемелік қолдануларды атайды [1]. Жүйелеудің қатарына әдетте жіктеу (классификация) мен топтастыру жасауды жатқызады. Жіктеу зерттелетін географиялық атауларды маңызды белгілері бойынша топтастыру болып табылады. Мұндайда белгілі бір ортақ белгілері бар топонимдер топтарға жіктеледі. Географиялық бағыттағы топонимикада жіктеу атаулардың географиялық болмысқа сәйкестігі, кеңістіктік шоғырлануы және т.б. бойынша жүргізіледі. Географиялық атаулардың ғылыми жіктелуі географиялық атаулардың заңдылықтарын түсінуге көмектеседі және топонимдер бойынша зерттеулердің терең дамуына ықпал етеді.

Ғалымдар тарапынан топонимикалық деректерге әртүрлі көзқарастар топонимдердің әртүрлі жіктемелерінің болуына алып келді. Топонимиканың ғылыми жіктелуі XIX ғасырға сәйкес келеді, сол кезеңде олардың әртүрлі морфологиялық топтарға және семантикалық түрлерге жататындығы көрсетілген. Топонимдерді географиялық негізде топтастырудың алғашқы үлгісін жасаған географ В.П. Семенов - Тянь-Шанский болатын. Ғалым өзінің әйгілі «Как отражается географический пейзаж в народных названиях населенных мест?» (1924) атты еңбегінде топонимдердің 1) жалқы есімдер мен лақап аттардан; ә) шіркеу мерекелерінен; 3) тарихи атаулардан; 4) пұтқа табыну дәстүрінен; 5) ежелгі тайпа аттарынан; 6) әртүрлі оқиғалар мен есімдерден; 7) географиялық көрініс құрайтын заттардың атауларынан қалыптасқан топтарын жіктеді [2]. Белгілі ғалым Э. М. Мурзаев номинация қағидаттары бойынша географиялық атауларды топтастырды: оронимдер - рельеф элементтерінің, оның пішіндерінің атаулары; спелеонимдер - үңгірлер атаулары; гидронимдер - өзендердің, бұлақтардың, теңіздердің атаулары және т.б.; фитонимдер - өсімдік қауымдастықтарының атаулары; зоонимдер –

жануарлар дүниесінің атаулары; антропотопонимдер; өндірістік топонимдер; сауда-көлік атаулары; әлеуметтік атаулар; этнотопонимдер; идеологиялық атаулар [3].

Тіл білімі үшін ғана емес, сонымен қатар география мен тарих үшін қызығушылық танытатын жіктеуді В. А. Жучкевич ұсынған. Оның негізіне этимологиялық критерий алынды. Автор топонимдерді 8 топқа бөлді: 1) жергілікті жердің табиғи белгілері негізінде пайда болған; 2) әлеуметтік -экономикалық ұғымдар негізінде пайда болған; 3) нысанның белгілерінен пайда болған; 4) патронимиялық атаулар; 5) миграциялық атаулар; 6) діни және мәдени топонимдер; 7) мемориалдық атаулар; 8) этимологиясы зерттелмеген, сондықтан бірде-бір топқа жатқызылмайтын атаулар [4].

Профессор В.А. Жучкевичтің пікірі бойынша бірыңғай жіктеу үш негізгі сұрақтарға жауап беруі керек: қандай нысандар?; ол қалай аталады, қай тілде және қандай тіл құралдары арқылы?; неге аталады, атаулардың мағынасы неде? Бұл топонимиканың ғылым ретінде интегралдығын көрсетеді - бірінші сұрақтың жауабы географияға, екіншісі лингвистикаға, үшінші сұрақ топонимика ғылымына жатады. Алайда ғалымдардың географиялық атаулардың бірыңғай жіктеу сызбасын жасауы болашақ үшін маңызды мәселе болып табылады [5].

Қазақстандағы географиялық бағыттағы арнайы топонимикалық зерттеулер Ғ.Қоңқашбаевтың диссертациясынан бастау алады. Бұл зерттеу жұмысында топонимдерге негіз болған қазақтың халықтық географиялық терминдеріне жан - жақты талдау жасалған. ҚР БжҒМ География институтының директоры, г.ғ.д., академик А.Р. Медеу, аға ғылыми қызметкерлері С.Ә. Әбдрахманов, Қ.Б. Базарбаев, А.О. Мақановаың еңбектерінде географиялық атауларды стандарттау мен унификациялау мәселелері талданған.

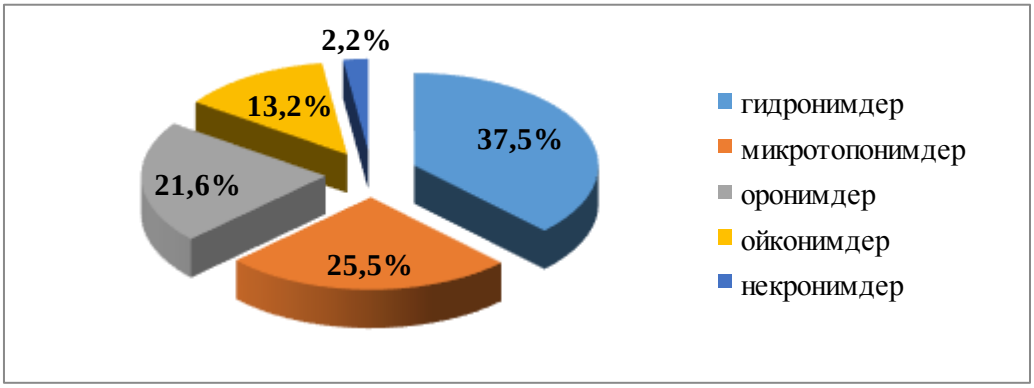
Қазақстан аймақтарының географиялық атауларын жіктеу отандық ғалымдар К.Д. Каймулдинова (Қазақстан Республикасы бойынша),Қ.Т. Сапаров (Павлодар, Шығыс Қазақстан облыстары), Ә.Е. Аяпбекова (Батыс Қазақстан өңірлері), А.С. Омарбекова (Торғай – Ұлытау өңірі), А.О. Мақанова (Ақмола обл.), З.Қ. Мырзалиева (Оңтүстік Қазақстан обл.), Ө.Ж. Сағымбай (Іле алабы), К.Т. Мәмбеталиев (Қазақстанның табиғи – климаттық зоналары), А.Е. Егінбаева (Сарыарқа өңірі) т.б. еңбектерінде жан-жақты зерттеліп, талқыланған.

Ғалым К.Д. Каймулдинова зерттеулерінде Қазақстан топонимдерін жіктеу мақсатында бірнеше семантикалық топтарға бөлді: 1. Аумақтың жер бедерін сипаттайтын атаулар тобы; 2. Аумақтың геологиялық құрылысын сипаттайтын топонимдер тобы; 3. Климатты және гидрографияны сипаттайтын топонимдер тобы; 4. Төсеніш бетті сипаттайтын атаулар; 5. Өсімдік және жануарлар дүниесін сипаттайтын атаулар [6].

Профессор Қ.Т. Сапаров зерттеулерінде Қазақстанның солтүстік-шығыс, шығыс өңірлерінің географиялық атауларын геоморфологиялық құрылым, топырақ жамылғысы, ландшафт ерекшеліктерін негіздейтін топонимдер; геологиялық құрылым және пайдалы қазбаларды сипаттайтын топонимдер; климаттық және гидрометеорологиялық факторларды сипаттайтын топонимдер; табиғатты пайдалану және шаруашылықты анықтайтын топонимдер; қазақ халқының тұрмыс тіршілігін негіздейтін топонимдер; фитонимдер мен зоонимдер; ерекше қорғалатын табиғи аумақтар жүйесін қалыптастыратын географиялық атаулар деп топтастырылған [7,8].

Бастапқы мәліметтер мен зерттеу әдістері. Зерттеудің бастапқы ақпараттық базасы ретінде аумақтағы кешенді топонимикалық зерттеулер бойынша еңбектер, аймақтың географиялық атаулары туралы қарастырылған ғылыми әдебиеттер мен картографиялық материалдар, Қазақстан Республикасының мемлекеттік географиялық атаулар каталогы қолданылды. Зерттеу жұмыстары ақпараттық этимологиялық талдау, жүйелеу және статистикалық әдістерді пайдаланып жүргізілген ғылыми зерттеу нәтижесінде анықталды.

Зерттеу нәтижелері мен тұжырымдар. Қазіргі кезде Қазақстанның кейбір жеке аймақтары бойынша, оның ішінде Қостанай облысының географиялық атауларын топтастыру географиялық тұрғыдан ғылыми зерттеулерді қажет етеді. Біздің зерттеулерімізде облыстың топонимикалық жүйесінде географиялық нысандар атаулары құрамының көп бөлігін гидронимдер құрайтындығы анықталды. «Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогының» 14 томы материалдарының негізінде Қостанай облысының аумағының топонимикалық жүйесі жинақталды [9]. Топонимдер құрамы гидронимдер – 2458 атау, оронимдер – 1418 атау, ойконимдер – 867 атау, некронимдер – 139, микротопонимдер – 1672 атаумен негізделген (сурет 1).



1-сурет. Қостанай облысы аумағының топонимикалық жүйесі

Кез келген аймақтың топонимикалық жүйесінде жергілікті табиғат ерекшеліктерінен хабар беретін атаулар тобы көрнекті орын алады. Физикалық - географиялық нысандарды атауда халық ең алдымен табиғат жағдайларының шаруашылық үшін маңызына қатысты белгісін таңдап алады. Топонимдердің басым көпшілігі жергілікті географиялық терминдер негізінде қалыптасатынын ескерсек, этимологиялық - семантикалық зерттеулерде географиялық білімнің маңызы зор. Сондықтан географиялық атаудың шығу тегі мен мағынасын көбінесе географиялық орта болмысынан іздеу табысты нәтижелерге қол жеткізеді. Бұл жөнінде тарихи география саласында зерттеулер жүргізген әйгілі профессор В.С. Жекулин былай дейді: «географиялық атаулар өзінің семантикасы жөнінен утилитарлы. Олар сан ғасырлық шаруашылық әрекеттің нәтижесінде қалыптасатын табиғатқа деген көзқарасты бейнелейді» [10]. Табиғи жағдайлар мен географиялық атаулардың осы байланыстарын маман ретінде тек географтар ғана негіздеп бере алады. Өйткені физикалық - географиялық нысан атауларында халықтық географиялық терминдердің жиі кездесетін ескерсек географтардың топонимиканың географиялық бағытын зерттеулерге қатысуы міндетті деуге болады.

Қостанай облысының қоршаған ортасының физикалық - географиялық жағдайын көрсететін топонимдерді К.Д. Каймулдинованың Қазақстан топонимдерін жүйелеуін негізге ала отырып топтастырдық.

1. Жер бедерін сипаттайтын топонимдер тобы: Қотыртау (тау, Жанкелді ауд.), Мұқыртау (тау, Аманкелді ауд.), Сандықтау (тау), Қызбелтау (тау, Жанк. ауд.), Сарыадыр, (тау, Аман. ауд.), Тасоба (тау, Аман. ауд.), Бесоба (төбе, Арқалық қ.ә.), Қарашоқы (тау, Аман. ауд.), Баскөл (сор, Жанк. ауд.), Бозтөбе (тау, Жанк. ауд.), Жуантөбе (тау, Наурызым ауд.), Қараой (қоныс, Жанк. ауд.), Қызылой (қоныс, Жанк. ауд.), Қушоқы (тау, Арқалық қ.ә.), Тереңсай (жыра, Аман. ауд.), Шолақсай (қоныс, Аман. ауд.).

Ғ.Қ. Қонқашбаев, К.Д. Каймулдинова, Қ.Т. Сапаровтың еңбектеріндегі географиялық терминдерді ескере отырып, Қостанай облысы оронимдеріндегі индикатор - терминдердің топтамалық кестесін құрастырдық (кесте 1).

1-кесте. **Қостанай облысы оронимдеріндегі индикатор-терминдер**

Оронимдер	Индикатор-терминдер
Жер бетінің көтеріңкі бөлігін анықтайтын	Тау, адыр, жар, оба, тас, төбе, шың, шоқы
Жер бетінің төмен жатқан бөлігін анықтайтын	Өзек, сай, шұқыр, шұңқыр
Жер бетінің бейтарап бөлігін анықтайтын	Дала, құм,саз
Орографиялық метафоралар	Бет, жал, бас

Индикатор - терминдерде табиғатты пайдалануға қажетті географиялық ақпарат жинақталған. Бұл ақпарат негізінде жер бетінің басты сипаттамалары жатыр. Оронимдердің мағынасын талдауда индикатор - терминдердің маңызы зор болып табылады.

Тау айналасындағы жерден едәуір төмен көтеріңкі биік жердің жалпы атауы. Тау аттарына жер бедерінің пішіні, биіктігі, оны құрайтын жыныстарының түсі, органикалық дүниесі, пайдалы қазбалары, климаттық көрсеткіштері анықтауыш сөздер ретінде терминге қосарланады. *Адыр* деп онша биік емес, бөлектеніп келетін тасты қыраттарды немесе аласа тасты тау, шоқыларды атайды. Ғ.Қонқашбаевтың пікірінше, адыр терминінің мағынасы өзгеріп тұрады [11]. Адыр басқа да көптеген

түркі тілдердің құрамында бар. Түркі тілдес аймақтарда адырдың географиялық мән-мағынасы қалай өзгеріп отыратынын, сонымен қатар адырдың *айыр* сөзімен этимологиялық гомогендік байланысы барын, көне түркі тілінде – «айыр», «аша» екендігін Э.М.Мурзаев дәл көрсеткен [12]. *Оба* термині моңғол топонимикасында «тас үйіндісі, шекаралық белгі», «оқшау орналасқан тау, төбе», «арнайы үйілген тас қорымы» деген мағынаға ие болады [13]. *Шоқы* – таудың, төбенің ең биік жері, немесе оқшау тұрған төбелерге сәйкес келетін географиялық термин.

2. Геологиялық құрылысы және пайдалы қазбаларды сипаттайтын топонимдер: Ақтас (төбе, Арқалық қ.ә.), Ақжал (тау, Аман. ауд.), Ақбұлақ (жыра, Аман. ауд.), Алтындала (ауыл, Қостанай), Алтынқазған (көл, Қостанай ауд.), Борша (қоныс, Жанк. ауд), Борлы (қыстау, Жанк. ауд), Жосалы (қоныс, Жанк. ауд.), Жосалысор (сор, Жанк. ауд.), Жосалысай (жыра, Арқалық қ.ә.), Оңтүстік Жосалы (төбе, Арқалық қ.ә.), Әулиетұз (тұзды көл, Аман. ауд.), Қаратұз (көл, Жанк. ауд.), Тұзсор (көл, Әулиекөл ауд.).

Геологиялық түсіндірме сөздікте *бор* терминіне шөгінді тау жынысы, нашар цементтелген, жұқпа ақ әктастың түр өзгерісі деп сипаттама берілген[14]. Географиялық нысандарда бор өндіруге және топырағының әктасты болуына байланысты топонимдер кездесіп отыр. *Жосалы* топонимі қоңыр темірмен тотығып, минералданған, тау жыныстарымен ерекшеленетін географиялық нысандарда жиі кездеседі. *Тұз* термині гидронимдер құрамында жиі кездеседі. Ғ.Қоңқашбаевтың анықтамасы бойынша, бұл сөз «тұз өндірілетін, кеуіп бара жатқан көл» дегенді білдіреді [11]. Бұл термин Қостанай облысының лимнонимдерінде көлдердің тұздылық дәрежесі мен деңгейі, тұз кәсіпшілігі туралы мағыналық жүктемеге ие болады. Боксит, нефрит, мәрмәр қорлары бар жерлерде Ақтас, Ақжал, Ақбұлақ атаулары кездесіп отыр.

3. Климатты және гидрографияны сипаттайтын топонимдер тобы: Аққүн (қоныс, Аман. ауд.), Аралкүн (көл, Жанк. ауд.), Дауылсор (қоныс, Қамысты ауд.), Желқуар (өзен, Денисов ауд.), Желдіағаш (орман, Меңд. ауд), Жылысу (көл, Қостанай ауд.), Қарсор (сор, Қараб. ауд.), Мезгіл (қоныс, Алтынсарин ауд.), Мұздыкөл (көл, Алтын. ауд.), Саумалкөл (сор, Жанк. ауд), Суықтал (тау, Аман. ауд.), Суықбұлақ (өзен, Жанк. ауд.).

Зерттеу материалдарының негізінде Қостанай облысының табиғат жағдайларын және ландшафт ерекшеліктерін анықтайтын гидронимдер жүйесі анықталды (кесте 2).

2-кесте. **Қостанай облысының табиғат жағдайларын және ландшафт ерекшеліктерін анықтайтын гидронимдер жүйесі**

№	Гидронимдер жіктемесі	Гидроним атаулары
1	Географиялық орналасу ерекшелігіне, жер бедері, пішіні, көлеміне байланысты қойылған атаулар	Жалғызкөл, Жекекөл, Шеткікөл, Ақтастысай, Тіксай, Қараадыр, Тасты, Жаркөл, Құмкөл, Соркөл, Таскөл, Тақыралакөл, Шұқыркөл, Дөңгелеккөл, Алқакөл, Қазанкөл, Астаукөл Ұзынкөл, Үлкенкөл, Кішкенекөл, Кең, Жіңішке, Мұқыр
2	Судың физикалық – химиялық қасиетіне, сапасына және өзеннің ағысына байланысты қойылған атаулар	Ащысу, Ащықарасу, Ащыкөл, Ащыалакөл, Дәмді, Үлкен Дәмді, Шолақ Дәмді, Тұщы, Тұзқұдық, Тұзкөл, Саумалкөл, Жақсы Қайыңды, Жақсы Саба, Жақсышилі, Жақсы-Алакөл, Жақсы Жаркөл, Жаман-Аққөл, Жаман Жаркөл, Жаманкөл, Жаман Қайыңды, Жаман Саба, Жаманшилі, Тентексай, Терісаққан
3	Түске байланысты қойылған атаулар	Аққөл, Алакөл, Аппақ, Аққұдық, Жалтыркөл, Жалтырша, Қызылкөл, Қызыларық, Сарыкөл, Сарыбұлақ, Сұр, Қаракөл, Қарабұлақ, Қаракұдық, Қарасулы, Шұбаркөл
4	Санға байланысты қойылған атаулары	Алтыкөл, Алтысу, Үшқарасу, Үшкөл, Үшкөлшік, Қосжалтыр, Қоскөл, Қоскөлшік, Бессарыкөл, Бессор
5	Өсімдіктер дүниесіне байланысты қойылған атаулар	Ағаштыкөл, Аршалы, Бұтақсай, Бидайыққөл, Қараған, Қайыңды, Қамыстыбұлақ, Мойылды, Теректі, Тобылғы, Шилі, Қоғалыкөл, Талдыкөл, Өленділкөл, Сабанкөл, Миялы, Шөптікөл
6	Жануарлар дүниесіне байланысты қойылған атаулар	Қарабие, Қаратеке, Кенелі, Құндызды, Аққусор, Балыққөл, Борсыққөл, Құркөл, Қоянды, Жыланды, Шортанды, Құсмұрын, Өгізбалық, Ұлукөл, Түлкілікөл, Шағалакөл, Шошқакөл

7	Метафоралық діни көзқарастарға байланысты аталған атаулар	Әулиекөл, Әулиесу, Әулиесор, Әулиетұз, Бозмола, Молалыкөл, Молалыайырық, Молалытомар, Жалқорған, Қорғанкөл, Құдайкөл, Қызмола, Шыммола
8	Тарихи оқиғалар мен ру - тайпа аттарына байланысты атаулар	Қырықпышақ, Еншіалғанкөл, Ханшаболған, Бақышқонған, Төбелес, Қарақалмақ Жарығы, Адайкөл, Айдар, Керей, Байқожа, Бейімбетсай, Қожа, Қырғыз, Ноғайкөл, Татар, Торғай, Қойбағар, Сарткөл

4. Төсеніш бетті сипаттайтын топонимдер: Көктас (қоныс, Аман. ауд.), Қойтас, Құмыртас (қоныс, Аман. ауд.), Аққұм (төбе, Жанк. ауд.), Бескопа (төбе, Аман. ауд.), Бөлекқопа (қоныс, Қамыс. ауд.), Жаманқопа (қоныс, Жанк. ауд.), Жолтомар (көл, Әулие. ауд.), Найзатомар (батпақ, Әулие. ауд.), Айғыртомар (батпақ, Федоров ауд.), Бастомар (жыра, Алтын. ауд.), Көкдала (тау, Арқалық қ.ә.), Жарсор (сор, Қараб. ауд.), Сазкөл (қоныс, Қамыс. ауд.), Сарыөзен (өзен, Аман. ауд.), Соркөл (сор, Жанк. ауд.).

Тас терминінің қазақ тіліндегі негізгі мағынасы басқа түркі тілдеріндегі сияқты «қатты жыныс» дегенді білдіреді. Ғ. Қоңқашбаев «қойтас» атауын жайылып жүрген қойларға ұқсас тегіс жерде шашылып жатқан домалақ гранитті шойтастармен байланыстырады Қойтас қоныс атауы жергілікті жердің тасты ерекшеліктерінен туындаған. *Қопа* – қамыс пен қоға қаулап өскен көл, батпақты жерлерді сипаттайды. *Томар* терминінің мағынасын ашуда алғаш ғылыми тұрғыда түсінік берген Ғ. Қонқашбаевтың анықтамасының маңызы зор. Ғалым томарды «шалғынды өсімдіктер өсетін, жер асты сулары молынан шығып жатқан төмпешікті – батпақты жерлер» деп сипаттайды. Томар топоним құраушы элемент ретінде көбінесе гидронимдер құрамында кездеседі. *Саздың* географиялық термин ретінде екі мағынасы бар: 1. ұсақ құрылымды, сарғыш түсті борпылдақ шөгінді тау жынысы, ылғал күйінде тұтқыр қойыртпақ түзеді. 2. жер асты сулары шығып жатқан жерлердегі батпақты - шалғынды жерлер, сулы шалғындар [15]. А.И. Левшин 1825-1826 жж. қазақ даласын аралаған Эверсманның деректерінің негізінде *сорларды* төмендегіше сипаттайды: жазда онша кебе қоймаған, қыста қатпайтын, жүруге қолайсыз батпақтар; жазда кеуіп, бетін әппақ тұз қабаты көмкеретін, өсімдіксіз құрғақ жерлер; ащы-тұщы көлдер ретінде сипаттайды [16].

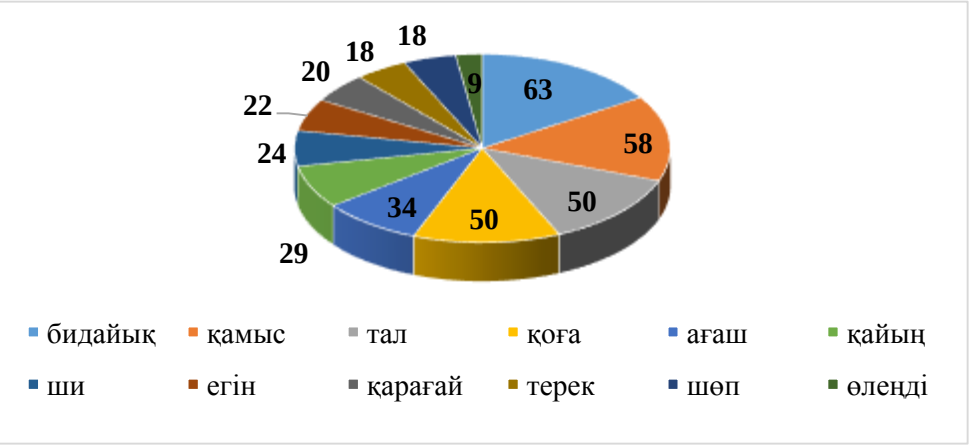
5. Өсімдік және жануарлар дүниесін сипаттайтын атаулар:

5.1 Ағаштардың атауларымен байланысты фитонимдер: Ағаштыкөл (қоныс, Аман. ауд.), Бетағаш (жыра, Арқалық қ.ә.), Сыпсыңағаш (қоныс, Наур. ауд.), Аманқарағай (қоныс, Әулие. ауд.), Аршалы (жыра, Арқалық қ.ә.), Еменкөл (батпақ, Қараб. ауд.), Теректі (өзен, Қарасу ауд.),Талдықарасу (өзен, Аман. ауд.), Қайыңдышоқы (тау, Аман. ауд.).

5.2 Бұта тектес өсімдіктердің атауларымен байланысты фитонимдер: Бұтақсай (жыра, Аман. ауд), Терісбұтақ (жыра, Қарасу ауд.), Қаратоғай (ауыл, Жанк. ауд.), Жыңғыл (төбе, Аман. ауд.), Тобылғы (өзен, Жанк. ауд.), Шеңгел (батпақ, Қараб. ауд.).

5.3 Шөптесін өсімдіктердің атауларымен байланысты фитонимдер: Шөптікөл (көл, Жітіқара ауд.), Бидайықкөл (көл, Арқалық қ.ә.), Сарыбидайық (қоныс, Жанк. ауд.), Өленділкөл (көл, Наур. ауд.), Кеңшалғын (төбе, Әулие. ауд.), Қияқтысай (өзен, Арқалық қ.ә.), Ұзынқамыс (сор, Жанк. ауд.), Ұзынқоға (төбе, Аман. ауд.), Миялы (өзен, Аман. ауд.), Тобылғы (өзен, Жанк. ауд.), Егінкөл (көл, Әулие. ауд.), Шилі (өзен, Әулие. ауд.), Саманкөл (батпақ, Таран ауд.) және т.б.

Статистикалық әдісті пайдалану нәтижесінде есептеулер жүргізіліп, Қостанай облысы фитонимдерінің терминдік құрамы анықталды (сурет 2).



2-сурет. Қостанай облысы фитонимдерінің терминдік құрамы

Фитонимдер құрамында *бидайық, қамыс, тал, қоға, ағаш, қайың, ши, егін, қарағай, терек, шөп* терминдері ең көп кездеседі. Облыс аумағындағы анықталған 489 фитонимнің 63 *бидайық* термині негізінде жасалғаны анықталды. *Бидайық* терминін Ғ. Қоңқашбаев «пішіні табақ тәрізді тұйықталған өсімдіктер өсетін жер» ретінде сипаттайды [15]. Облыстағы фитонимдердің 58 атауы *қамыс* термині негізінде жасалған. *Қамыс* фитонимін семантикалық жағынан гидронимдік терминнің эквиваленті негізінде қарастыруға болады. Қамыс – көл, су маңында ғана өсетін өсімдік түрі. *Өлең* өсімдігімен байланысты атаулар тобы да ылғал жеткілікті аудандарға тән. Өсімдік атауының өзі көне түркілік «өл» сөзімен байланысты деп топшылауға болады. М.Қашқаридың сөздігінде өл «ылғал, дымқыл, жас» деген мағынада қолданылатынын, бірақ оғыз тайпалары мұны білмейтіні туралы деректер келтірген [17].

Қостанай облысы аумағы бойынша ең жиі кездесетін ағаш атаулары қайың, қарағай, терек болып табылады. Ағаш атаулары әдетте орман, қоныс атауларында, оронимдер мен гидронимдерде жиі кездеседі.

Үй жануарлары атауларымен байланысты зоонимдер: Қарабайтал (тұзды көл, Қамыс. ауд.), Биесойған (батпақ, Қарасу ауд.), Бозбие (өзен, Жіті. ауд.), Сиырөлген (батпақ, Қост. ауд.), Бұзаужүрген (көл, Жанк. ауд.), Қарабұқа (көл, Аман. ауд.), Өгізөлген (көл, Әулие. ауд.), Ешкітау (тау, Арқалық қ.ә.), Қаратеке (өзен, Қарасу ауд.), Қойқопа (көл, Жанк. ауд.), Қошқарсойған (қоныс, Қараб. ауд.), Түйемойнақ (өзен, Аман. ауд.), Бозатан (қоныс, Аман. ауд.), Шошқакөл (көл, Наур. ауд.), Көккұнан (батпақ, Қамыс. ауд.), Тайлақжүзгенкөл (сор, Аман. ауд.).

Дала жануарлары атауларымен байланысты зоонимдер: Қоянды (көл, Ұзынкөл ауд.), Құндызды (жыра, Қарасу ауд.), Қарабұғы (көл, Қост. ауд.), Қасқырқамаған (орман, Сарыкөл ауд.), Доңыз (батпақ, Аман. ауд.), Бөрілі (ауыл, Қараб. ауд.), Киіккөл (көл, Наур. ауд.), Сарышұнақ (көл, Меңді. ауд.).

Құс атауларымен байланысты зоонимдер: Аққушық (өзен, Наур. ауд.), Жапалақ (ауыл, Меңді. ауд.), Бестауық (батпақ, Меңді. ауд.), Қарғалытау (тау, Жанк. ауд.), Үйрек (көл, Аман. ауд.), Шағалакөл (көл, Таран ауд.), Бірқазан (батпақ, Алтын. ауд.), Тырнакөл (батпақ, Денис. ауд.).

Балықтар атауларымен байланысты зоонимдер: Балықты (көл, Қост. ауд.), Шортанды (өзен, Жанк. ауд.), Табан (көл, Жанк. ауд.), Алабұға (өзен, Ұзын. ауд.).

Жәндіктер атауларымен байланысты зоонимдер: Кенелі (өзен, Аман. ауд.), Құрттыкөл (батпақ, Ұзын. ауд.), Қарамаса (көл, Таран ауд.), Соналы (батпақ, Федоров ауд.), Шыбынкөл (көл, Қараб. ауд.), Жыланды (өзен, Жіті. ауд.), Ұлукөл (көл, Ұзын. ауд.), Шіркейкөл (көл, Жанк. ауд.).

Қазақстанның солтүстік бөлігінде орманды дала, дала және шөлейт зоналарын қамтып жатқан Қостанай облысының топонимикалық жүйесі күрделі құрылымымен және кеңістіктік таралуымен ерекшеленеді. Зерттеліп отырған аймақтың кең - байтақ жерінің ландшафтысы біркелкі болып келмейтіндігі және өсімдік жамылғысы мен жануарлар дүниесінің әр түрлі болып келуін Қостанай облысынан жинақталған топонимдерінде шоғырланып бейнеленуінен анықтауға болады.

Қорытынды. Біздің зерттеулерімізде Қостанай облысының топонимикалық жүйесі ғалымдардың топонимикалық жіктеулері мен топтастыруын негізге ала отырып, географиялық тұрғыдан алғаш рет жіктелді. Зерттеу аумағының табиғат жағдайларының алуан түрлілігі оның көне замандардан бастап игерілуіне әсер етсе, игерілу деңгейі географиялық атаулардың өте күрделі жүйесін қалыптастырған. Физикалық - географиялық жағдайларды негіздейтін топонимдерге талдау жасау барысында (гидроним, ороним, фитоним, зооним, некроним және т.б) белгілі бір ландшафттарға шоғырлану заңдылығы бар екендігіне көз жеткіздік. Тарихи - географиялық ақпараттарға негізделген Қостанай облысының топонимдер жүйесі әлі де болса да тереңірек ғылыми зерттеулерді қажет етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Голубчик М.М. и др. Теория и методология географической науки. –М.: ВЛАДОС, 2005. - 463с.

[2] Семенов-Тян-Шанский В. П. Как отражается географический пейзаж в народных названиях //Землеведение - М., 1924. - Т. 26, Вып. 12. – С. 133-158.

[3] Мурзаев Э.Н. Топонимика и география. - М: Мысль, 1984. - 653 с.

[4] Жучкевич В.А. Общая топонимика: Учеб.пособие для геогр. фак-тов вузов. – Изд.2-е исправл.и доп. / В.А. Жучкевич. - Минск: Высшая школа, 1968. – 218 с.

[5] Жучкевич В.А. Общие и региональные географические закономерности топонимики: Автореф.дис… докт.геогр.наук. /В.А. Жучкевич. - Минск, 1970. -

[6] Каймулдинова К.Д. Қазақстанның аридті аумақтарының топонимиясы: Монография. - Алматы.: «Te-Color» баспасы, 2010. - 280 б.

[7] Сапаров Қ.Т. Павлодар облысының топонимикасы. - Алматы.: Эверо, 2018. - 352 б

[8] Сапаров Қ.Т. Шығыс Қазақстан облысының топонимикасы. - Алматы.: Эпиграф, 2019. - 276 б

[9] Қазақстан Республикасының географиялық атауларының мемлекеттік каталогы. Қостанай облысы. - Алматы, 2017. - 311 б.

[10] В.С. Жекулин. Историческая география. Предмет и методы. - Л., Наука, 1982. - 224 с.

[11] Конкашбаев Г.К. Казахские народные географические термины // Изв. АН Каз.ССР, сер. географ. - 1951. - Вып.3. - С.3-47

[12] Мурзаев Э.Н. Словарь народных географических терминов. - М: Мысль, 1984. - 653 с.

[13] Казакевич В.А. Современная монгольская топонимика. - Л., Изд-во АН СССР, 1934. - 29 с.

[14] Сапарбаев К., Нүсіпбаев Т. Орысша-қазақша геологиялық түсіндірме сөздік. - Алматы: «Қазақ университеті», 1991.-136 б.

[15] Конкашбаев Г.К. Словарь казахских географических названий. - Алма-Ата, Изд-во АН КазССР, 1963.-185 с.

[16] Левшин А.И. Описание киргиз-казачьих или киргиз-кайсацких Орд и степей. ч. I: Известия географических. - Спб., 1832. - 264 с.

[17] Қашқари М. Түрік сөздігі / Ауд. А.Егеубай. - Алматы: Хант, 1997.-Т.1. – 509 б.

Нурпейсова А.М., Сапаров К.Т., Егинбаева А.Е.

Географические особенности исследования топонимической системы Костанайской области

Резюме В статье описаны географические названия Костанайской области и сгруппированы по физико-географическим условиям. Впервые была классифицирована географическая топонимическая система Костанайской области. Более 6000 топонимов были идентифицированы и обоснованы в виде диаграмм, которые подтверждают физико-географические особенности региона.

Ключевые слова: топосистема, классификация, гидроним, ороним, ойконим, некроним, микротопоним.

ӘӨЖ 55174: 338.48
МРНТИ 38.47.00; 06.01.33

[1]A.M. Sergeyeva, [2]A.G. Koshim, [3]K.T. Saparov.

([1]K. Zhubanov Aktobe Regional State University, Aktobe, Kazakhstan, [2]Kazakh National University al-Farabi, Almaty, Kazakhstan, [3]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan e-mail: aiko-sm@mail.ru, asima_gk@mail.ru)

RECREATIONAL AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURESCASPIAN SEA AND ITS COAST

Abstract. Since Kazakhstan does not border the ocean, it is important to study inland water basins for recreational purposes. One of such objects is the Caspian Sea and its northeast coast, which is not fully used for recreational purposes. In this regard, the main goal of the work is to study the recreational-geomorphological state of both the sea itself and its coast. The work examined the recreational and geomorphological features of the Caspian Sea, as well as its potential for tourism development. At the same time, the physical-geographical position, hydrography and climatic features of the Kazakhstani part of the sea and its coast, as well as the recreational capabilities of coastal countries are analyzed. In addition, the prerequisites for the organization of health tourism and beach holidays were considered.

Keywords: geomorphological forms, hydrological regime, water basin, climatic conditions, recreational zoning, recreational resources.

[1]А.М. Сергеева, [2]А.Ғ.Көшім, [3]Қ.Т. Сапаров

([1]Қ. Жұбанов атындағы Ақтөбе өңірлік мемлекеттік университеті, Ақтөбе қаласы, Қазақстан Республикасы, [2]әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, [3]Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қаласы, Қазақстан Республикасы, E-mail: aiko-sm@mail.ru, asima_gk@mail.ru)

КАСПИЙ ТЕҢІЗІ МЕН ОНЫҢ ЖАҒАЛАУЫНЫҢ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ-ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

Аңдатпа: Қазақстан мұхитпен шектеспейтін болғандықтан туризм мақсатында ішкі су алаптарын зерттеу өте маңызды. Сондай нысанның бірі – рекреациялық мақсаттарда толық пайдаланылмайтын Каспий теңізі және оның жағалауы. Осыған байланысты жұмыстың негізгі мақсаты бұл – Каспий теңізі мен оның жағалауының рекреациялық-геоморфологиялық жағдайын зерттеу. Жұмыста Каспий теңізінің рекреациялық-

геоморфологиялық ерекшеліктері, сондай-ақ оның туризмді дамытуға мүмкіндіктері қарастырылды. Сонымен қатар, қазақстандық теңіз бөлігінің және оның жағалауының физикалық-географиялық жағдайы, гидрографиясы, климаттық ерекшелігі, сондай-ақ жағалау маңындағы елдердің рекреациялық мүмкіндіктері жан-жақты талданды. Бұдан басқа, емдік-сауықтыру туризмі мен жағажай демалысын ұйымдастыру үшін алғышарттар қарастырылды.

Түйін сөздер: геоморфологиялық пішіндер, гидрологиялық режим, су алабы, климаттық жағдай, рекреациялық аудандастыру, рекреациялық ресурстар

Кіріспе

Рельеф кез-келген ландшафт пен экожүйенің негізі, сондықтан рекреациялық әлеуетті бағалауда аймақтарды оңтайландыру және кеңейту үшін геоморфологиялық ерекшеліктерді ескеру қажет. Геоморфологиялық ресурстар белгілі бір аймақтық немесе аумақтың негізгі табиғи рекреациялық ресурстарына жатады. Рельеф жанама және тікелей рекреациялық ресурс түрінде көрінуі мүмкін. Жанама ресурс ретінде ол климаттың, топырақтың, су нысандарының, флора мен фаунаның өзіндік ерекшеліктерін қалыптастыруға ықпал етеді. Рекреациялық-геоморфологиялық ресурс ретінде рельефтің рекреациялық іс-әрекетке тікелей әсер етуі арқылы көрінеді. Рельеф табиғи кешеннің негізгі физиогномикалық ерекшеліктерін анықтайды, аумақтың келбетін қалыптастырады. Бұл демалыс орнын таңдауда және туристік орындар салуда шешуші себеп болып табылатын аумақтың эстетикалық қасиеттері болып саналады. Эстетикалық және рекреациялық геоморфологияның негізгі теориялық тұжырымдамалары ретінде рельефті эстетикалық бағалау үшін үйлесімділік, тартымдылық сияқты ұғымдар алынады.

Каспий теңізіне жақын жер бедерлері өте алуан түрлі. Каспий жағалауының рельефін бірнеше ірі аймақтарға бөлуге болады: 1) Каспий маңы ойпаты; 2) Үлкен Кавказдың сатылы тау бөктерлері; 3) Кура және Ленкоран ойпаттары; 4) Үстірт, Маңғыстау және Кендірлі-Қаясан үстірттері; 5) Батыс Түрікмен ойпаты; 6) Эльбурс тау жотасынан солтүстікке қарай орналасқан таулы аллювиалды-теңіз ойпаты.

Зерттеу нысаны

Европа мен Азия арасында орналасқан Каспий теңізі – әлемдегі ең ірі тұйық алап. Ол солтүстіктен оңтүстікке қарай – 1030 км-ден астам қашықтыққа созылса, ені – 200-400 км-ге дейінгі көлемді қамтиды. Теңіздің ауданы оның деңгейіне байланысты өзгеріп отырады, 1996-2010 ж.ж. арасында ол орташа шамамен алғанда 392 600 км^2 құрайды. Ендік ерекшеліктерге байланысты физикалық-географиялық айырмашылықтар ескеріліп теңіз Солтүстік, Орталық және Оңтүстік Каспий болып бөлінеді. Солтүстік Каспий – таяз, оның тереңдігі 20 м аспайды. Орталық және Оңтүстік Каспийдің тереңдіктері сәйкесінше 788 және 1025 м [1].

Каспий теңізі оқшауланған су алабы ретінде өзіне тән гидрологиялық режимге ие. Теңіз режимінің ерекшелігін мынадай факторлар анықтайды: климаттық жағдайы, өзен ағыны, теңіз тереңдігі және теңіз түбінің бедері, жергілікті жер бедері, жағалау сипаты.

Тұрғындардың демалысын ұйымдастыруда көлдер мен су қоймалары ерекше орын алады. Олар ландшафттардың көріктілігі мен тартымдылығын біршама арттырып, алуан түрлі рекреациялық іс-әрекеттерді жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Дүниежүзілік статистиканың деректеріне сәйкес ұзақ мерзімді демалыс мекемелерінің 85-90%-ы, қысқа мерзімді демалыс мекемелерінің 90-95%-ы көлдер мен су қоймаларының жағалауларында шоғырланған.

Зерттеу материалдары мен әдістері

Зерттеу жұмысының барысында Каспий аймағының табиғи жағдайлары мен ресурстары туралы ғылыми әдебиеттер сараланып, басылымнан шыққан және интернет жүйесіндегі жазбаларға шолу жасалып, жүйеленді. Сондай-ақ, зерттеу нысаны бойынша статистикалық, анықтамалық мәліметтер қолданылып, рекреациялық-геоморфологиялық аудандастырудың әртүрлі деңгейін қалыптастыруға ықпал ететін климат пен гидроминералдық ресурстардың рекреациялық іс-әрекеттерге қолайлылығы, басқа да алғышарттар басшылыққа алынды [2-6].

Қашықтықтан зерделеу мәліметтерін қолдану әдісімен ғарыштық суреттер алынды, ал олКаспий теңізі жағалауының рекреациялық-геоморфологиялық ерекшеліктерін зерттеуде, сипаттама жасауға негіз болды.

Теңізді рекреациялық пайдалану мақсатында оңтайландыру үшін олардың аквальды-аумақтық кешендеріндегі жеке телімдерінің рекреациялық құндылықтарын бағалауда әрі тиімді пайдалануда нақты шараларды мына ғалымдар еңбектерінен көруге болады [7-11]. Осы әдіске негізделген

зерттеулерге аймақтың ғарыштық суреттері пайдаланылды (2-кесте). Landsat ғарыштық серіктерінен түсірілген сурет «www.usgs.gov» U.S. Geological Survey АҚШ-тың геологиялық барлау қызметі сайтынан жүктелді. Аумақтың геоморфологиялық ерекшеліктерін сипаттау үшін талдау әдісі, салыстырмалы географиялық, статистикалық және картографиялық зерттеу әдістері қолданылды.

Зерттеу нәтижелері мен тұжырымы

Каспий теңізі алабы туризм мен демалысты дамытуға мүмкіндік беретін алуан түрлі табиғат байлықтарымен жеткілікті дәрежеде қамтамасыз етілген. Мұнда емдік-шипажайлық рекреация мен жағажайлық демалыстан бастап көпшілік сипаттағы туризмнің барлық түрлерін ұйымдастыруға қажетті жағдайлар бар. Теңіздің гидрологиялық режимінде теңіз тереңдігі мен түбінің жер бедері маңызды орын алады. Теңіздің терең сулы бөліктері жазғы уақытта жылудың жинақталуына мүмкіндік береді, ал оның ағыны қыста су температурасының таралуына күшті ықпал етеді.

Қазіргі заманғы Каспий пішіні және өткен геологиялық кезеңі батысында Қара және Азов теңіздерін, шығысында Орта Азияның үлкен бөлігін алып жатқан ішкіконтинентальді Тетис мұхитының кішігірім бір бөлігі болып саналған. Алайда, Каспий теңізінің көлемі қазіргісінен де кіші болғаны белгілі.

Теңіздің солтүстігіне Волга, Жайық сияқты ірі өзендер құяды. Олардың жиынтық ағыны Каспий теңізіне келетін жылдық өзен ағынының 88%-ға жуығын құрайды. Батыс жағалауына Сулак, Терек, Кура және басқа ұсақ өзендер құяды. Олар жылдық ағынның 7%-ын құрайды. Өзендердің жылдық ағынының 5%-ы Иран жағалауындағы өзендердің (Горган, Хирад, Сефидруд) үлесіне тиеді. Каспийдің шығыс жағалауында тұрақты су ағындары жоқ [12].

Солтүстік Каспийдің жағалаулары құрғақ қайраңмен көмкерілген, тереңдік шамалары 2-3 м таяздықта – 10 м-ден мен 70 км-ге дейінгі қашықтыққа созылып жатыр. Жайық өзенінің сағасы мен Маңғыстау шығанағының арасында тереңдігі 5-8 м-ге жететін Орал жыралық аймағы деп аталатын ауқымды ойпат орналасқан. Теңіздің солтүстік бөлігінің түбі оңтүстікке қарай еңкіш, оны құм мен бақалшақ қабаты жауып жатыр. Сағалық бөліктері көптеген өзендер барқындарына толы, олар көптеген қайраңдарды құрайды, сондықтан, Солтүстік Каспий түбінің рельефі аса күрделі. Теңіз деңгейінің ауытқу амплитудалары жоғары болғандықтан Каспий теңізінің жағалау аймағының морфологиялық құрылымының басты ерекшелігі регрессиялар маусымындағы су деңгейлеріне тәуелді болатын жағажайлардың, өзен арналары мен сағаларының реликтілік формаларының кездесуі. Бұл әсіресе, көптеген реликтілік арналары бар Солтүстік Каспий рельефінен көрінеді. Орта Каспийдің батыс жағалаулары Махачкала қаласына дейін ойпатты. Мұнан әрі оңтүстікке, Баку қ. дейін теңіз сызығын бойлай оған жақын жерлерде Кавказ тауларының сілемдері созылып жатыр. Тау аңғарлары мен жағалау арасын тар жазықтық алап алып жатыр. Теңіз жағалаулары көп жағдайда аккумулятивті, тек Дағыстан мен Апшерон жағалауларының жекеленген бөліктерінде ғана – амброзивті. Батыс жағалауларда ірі Терек, Сулак, Самур өзендерінің ірі аңғарлары орналасқан.

Орта Каспийдің шығыс жағалауы батыс бөлігіне қарағанда айтарлықтай төмен және оларға өзен ағындары құйылмайды. Орта Каспийдің шығыс жағалауынан теңізге қарай тереңдеп түбектер мен айрықтар еніп, олардың арасында теңізге қарай шығанақтар кіріп жатыр. Каспийдің ең үлкен шығанағы – Қара-Бұғаз-Гөл. Шығыс жағалауларда іргелес жатқан шөл және шөлейт үстірттерді құрайтын, ізбестастан тұратын абразионды жағалаулар басым. Орта Каспий шегінде қайраң, материктік ылди мен қазаншұңқыр көрініс табады. Оның тереңдігі солтүстік бөлігінде 15-25 м шамасында. Оңтүстікке қарай олар біртіндеп, ал кейін 50 м изобатадан бастап, әсіресе, максималды тереңдігі 790 м шамасында болатын батыс жағалауға қарай ығысқан Дербент шұңғымасына қарай күрт артады. Екі бірдей жағалауды бойлай жіңішке алап болып тереңдігі 20 м-дей болатын аңғар созылып жатыр, ол тек Апшерон түбегінде ғана антропоген және неоген шөгінділерінен түзілген ені 30 км, ұзындығы 60 км-ге жетеді. Оңтүстік Каспий ауданы 148,5 мың $км^2$ және альпілік қатпарлы саласына жататын күрделі рельефі мен ең терең ойыстары бар (максималды 1025 м, орташа – 344 м) аумаққа ие [13].

Оңтүстік Каспийдің түбі мен қайраңдық аумағының рельефі көптеген лайлы жанартаулармен және тектоникалық көтерілімдермен күрделенген. Оңтүстік Каспий жағалаулары алуан түрлі болып келеді. Баку қ. батысқа қарай, Алят мүйісіне дейін жағалауды бойлай, Кавказ тауларының оңтүстік-шығыс сілемдері созылып жатыр. Оларды оңтүстікке қарай Кура-Аракс ойпатының жартылай шөлейтті құрғақ далалары ауыстырады. Ленкоран маңында таулар қайтадан жағалауға жақындап, тар Талыш жотасы мен теңіз арасындағы мойнақты құрайды. Батыс жағалауды бойлай, Баку қолтығынан

130 шақырымға дейін Баку архипелагының аралдары созылып жатыр. Теңіздің оңтүстік жағалауы Эльбрус тау жотасымен шектелген. Ішінара таулар теңізге жақындайды, бірақ олар көп ретте 30-50 км қашықтықта орналасқан. Ең биік Демавенд тауы – 5630 м жетеді. Иран жағалауының тауларынан теңізге көптеген өзендер құяды. Ленкоранннан оңтүстікке қарай және жалпы Иран жағалауының барлығы (ең шеткері оңтүстік-шығыстан басқа) ормандарға және цитрус, құрма, анар, жеміс ағаштарына толы. Эльбурстың солтүстік сілемдері қалың субтропикалық ағаштарымен ерекшеленеді. Оңтүстік Каспийдің шығыс жағалаулары солтүстіктегі Челекен түбегіне дейін ойпатты, жағалауда құмдауытты шөлдер басымырақ. Солтүстікке қарай екі – Түрікменбашы (Красноводск) және Түрікмен шығанақтары бар, олар Челекен түбегімен бөлінген. Шығанаққа жақын жерде бірнеше аралдар орналасқан. Астара қаласынан Гасан Голи елді мекеніне дейінгі Иран жағалауының ұзындығы шамамен 620 км-ге жуық. Жағалаудың жазықтық бөлігінің ені орталық бөліктегі 1 км бастап, Сефируд және Горган өзендерінің аңғарына дейін 50-60 км құрайды. Әкімшілік тұрғыдан алғанда жағалау жазығы батыс бөлікте Гилан (Астарадан Чабоксарға дейін), ал шығыс бөлікте Мазандеран (Рамсардан Гасан Голиге дейін) деп аталады. Иран жағалауында тау бөктерлері мен плейстоцендік террассалар, ежелгі жыралар, ойпаттар, жағалау жоталарын және су астылық жағалау бөктерін бөліп қарауға болады [14]. Су астылық жағалау бөктерінің еңкіштілігі (теңіздің 100 м тереңдігіне дейін) Хаштпара және Горгана аудандарында 0,0005, ал жағалаудың орталық бөлігінде 0,01 дейін өзгереді. Су астылық бөктердің 10 м тереңдіктегі еңкіштілігі картографиялық мәліметтерге сәйкес 0.01-0.0007, ал жағажайлық аумақта 0.06-дан 0.004 дейін өзгереді [15]. Каспийдің Иран жағалауындағы қазіргі жағалау сызығы өте қарапайым, аз тілімделген, өзен аңғарлары мен шығанақтар аз кездеседі. Каспийдің Иран жағалауындағы ең ірі өзен атырауы Сефируд өзенінің атырауы (ескі және жаңа), ал одан көлемі шағындары Гиландағы Карганруд пен Полруд шағын өзендері, ал жағалаудың Мазандер бөлігіндегі Чалус, Чешмекиле және Горганруд болып табылады. Энзели шағын мүйісі мен Горган шығанағы теңізден құмдауыт шағылдармен бөлінген. Каспий теңізіне Иран жағалауынан 40-тан астам шағын өзендер келіп құяды. Барлық дерлік өзендер Эльбурс жотасының солтүстік беткейінен басталады. Өзен бастаулары өсімдік жабындысы сирек таулы аудандарда орналасқан, одан төменірек өзендер орманды аумақтар арқылы өтеді (әдетте ормандармен су жинау аумақтарының 50-55% қамтылған), ал жағалау бойындағы аккумулятивтік жазығы арқылы теңізге келіп құяды. Иран жағалауының өзендерінің су жинақтау ауданы жалпылама алғанда 163,4 мың $км^2$ құрайды. Иран өзендерінің бір бөлігі Түрікменстан мен Әзірбайжан аумақтары арқылы өтеді. Ең ірі өзен – Сефируд – Манджид тауы маңында Шахруд және Гезедузан өзендерінің қосылысынан пайда болады. Өзеннің ұзындығы 800 км-ге жетеді. Барлық дерлік ірі өзендерде су қоймалары салынған, сондықтан, олардың ағындары соңғы 50 жыл ішінде айтарлықтай қысқарған. Ирандағы жағалау аймағының жағажайлық бөлігін құрайтын үйінділердің құрамына байланысты жағалаудың үш түрін: қиыршықты-малтатасты (батыс Мазандеран), құмдауыт (Гилан мен орталық Мазандеран жағалаулары), құмдауыт-алевритті (шығыс Мазендеран) деп бөліп қарастыруға болады. Суасты жағалау бөктерінің жіңішке жолағы изобаталар бойынша 15-20 м дейін құмнан құралған, одан тереңірек, ірі алеврит пен пелитке ауысады. Жағалау жазығының көп бөлігі ауыл шаруашылығына белсенді пайдаланылады, яғни оларда күріш, шәй плантациялары, жібек тұт ағашының тоғайлары, бақшалық дақылдар орналасқан, сол себепті ылғал жалпақ жапырақты ормандар тек тау аңғарларында ғана сақталып қалған.

Каспий теңізінің тұздылығы мұхиттың тұздылығынан айқын ерекшеленеді. Тұздың үлесі материктік ағындар мен өзен тасындыларына байланысты болады. Өзен атырауларында, Волга өзенінің сағасындағы 1 л суда 1-3 грамм тұз сәйкес келеді. Теңіздің Орта және Оңтүстік бөліктерінде орташа тұздылық 12-14‰ немесе 1 л суда 12-14 гр тұз, шығыс жағалауында тұздылық 2-3‰-ға жоғары. Қарабұғаз-Гөл шығанағында тұздылық мөлшері жоғары 35‰-ға жетеді [16].

Каспий теңізі солтүстікте континентті, батыста қоңыржай жылы, оңтүстік-батыста субтропикалық ылғалды және оңтүстікте шөлді климаттық аймақтардың ықпалында жатыр. Климаттық аймақтардың алуан түрлілігі Каспий теңізінің алабындағы синоптикалық үдерістердің дамуы мен ауа райының маусымдық ерекшеліктерінен көрініс табады. Каспий теңізі мен оның су жинақтау алабының үстіндегі атмосфераның циркуляциясын анықтаушы қысым орталықтары болып, қыста Азиялық максимумның сілемі болса, жазда Азор максимумының жотасы табылады. Теңіздің барлық акваториясы үшін радиациялық баланстың көлемі орта есеппен 60 ккал/$см^2$ құрайды. Артық жылу қарқынды жылу алмасуға және атмосферамен қарқынды конвективті жылу алмасуға негіз болады. Барлық акватория үшін жылу балансы наурыздан қазанға дейінгі аралықта ең жоғары

мөлшерде болады және маусым-шілде айларында шарықтау шегіне жетеді (11-12 ккал/$см^2$). Жылу балансы тек желтоқсанда ғана кері мәнге ие болады (1-2 ккал/$см^2$). Қыста теңіз акваториясының басым бөлігі сібір антициклоны ықпалында болады. Қысқы маусымдағы Армян және Иран таулы үстірттерінен қысым максимумының болуы теңіздің оңтүстік бөлігінде қысымның ішінара артуына көмектеседі. Теңіздің орта бөлігінде температурасы әртүрлі ауа ағындарының түйісу аймағы түзіледі, бұл өз кезегінде қыс мезгілінде циклондық циркуляцияның дамуына әкеліп, Қара және Жерорта теңіздерінен оңтүстік циклондары байқалады. Көктемгі маусым үшін синоптикалық үдерістердің үлкен өзгермелілігі мен ауа массаларының жиі ауысулары тән. Жазда температуралық қайшылықтар қалыпқа келіп, циркуляциялық үдерістер әлсірейді. Каспий теңізінің бетіндегі синоптикалық үдерістер батыста солтүстік атланттық ауытқулар ықпалында болады. Орал және Кавказ таулары шығыс пен оңтүстіктен келетін ауа массаларына кедергі болып, Каспий алабына климат түзуде үлкен ықпал етеді. Алаптың көп бөлігі салыстырмалы түрде жазы жылы және қысы салқын қоңыржай климаттық белдеуде, ал ең шеткі оңтүстік бөлігі субтропикалық белдеуде орналасқан, оларда батыс аудандардың ауа-райы жазда ашық және тымық, қыста жаңбырлы және желді, ал шығыс аудандардың жазы құрғақ әрі ыстық, ал қысы салыстырмалы түрде салқын [17].

Каспий теңізінің солтүстігінде жазы жылы (маусым-тамызда солтүстік-шығыс бөлікте орташа 24-25°С) және қысы салқын (желтоқсаннан ақпанға дейін солтүстік-шығыс бөлікте орташа есеппен – 5-6°С) континенталды климатқа ие. Жауын-шашынның орташа жылдық мөлшері 95-125 мм (аздап Атырауда – 173 мм және Форт-Шевченкода – 172 мм жоғарырақ). Маусымдық ауытқулар айтарлықтай болмағанына қарамастан жауын-шашын мөлшері жылдан жылға ауытқып отырады. Қазақстандық Каспий теңізінің ауданы екі бөлікке: Солтүстік Каспийдің шығыс бөлігі мен Солтүстік Каспийдің орта бөлігіне бөлінеді. Солтүстік Каспийдің шығыс бөлігі таяз, ойпаттық жағалауы мен түптік еңістері шағын. Мұнда орташа тереңдік – 2 м. Теңіз түбінің рельефі қайраңдар, аралдардың болуымен күрделенген. Ол гидрологиялық режимі континенталды, аридті климат жағдайларында қалыптасатын және Жайық пен Волга өзендерінің су ағындарымен нақтыланатын жартылай тұнық су қоймасы. Ол шын мәнінде Орта Каспий суларының ықпалынан бөлек жатыр, тұздылығы салыстырмалы төмен. Солтүстік Каспийдегі судың тұздылығы 0,2-2,0 промилледен (Волга атырауы) теңіздің терең бөлігінде 9-11 промиллеге дейін жетеді. Каспий теңізінің орта бөлігінде теңіз тұздылығы 13-15 промиллені құрайды [18].

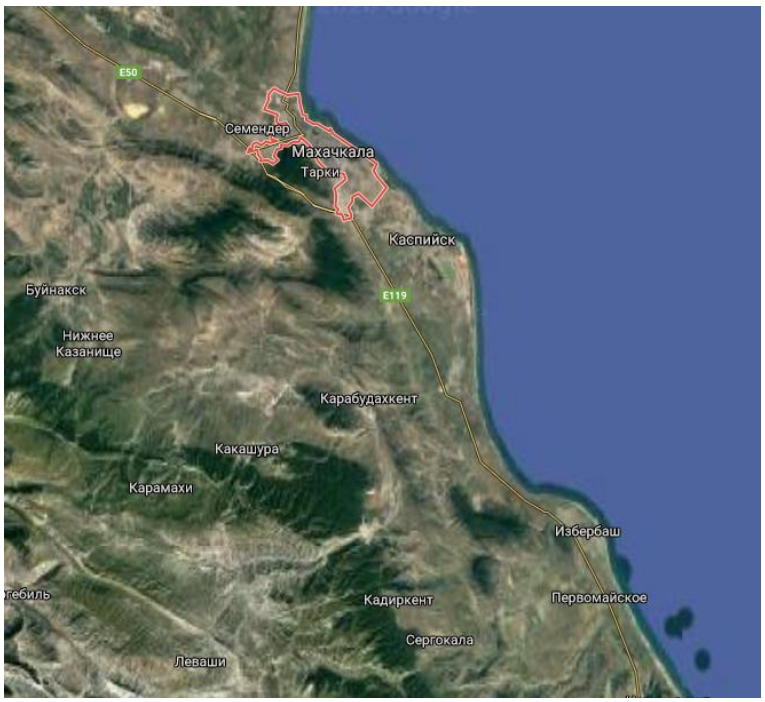
Каспий теңізінің солтүстік-шығыс таяз бөлігі жыл сайын қатады, орта бөлігінде мұз теңіз жағалауларында тек қатты қыс кезінде ғана пайда болады. Салқын және аса қатты салқын қыстарда тұтас мұздар 20 м изобатаға дейін түзілуі мүмкін. Қаттылығы орташа қыс айларында Солтүстік Каспийдегі мұз жабындысы 3-4 ай сақталады. Аномалиялы салқын қыстар кезінде мұзды маусым 4-6 айға дейін, ал аномалиялы жылы қыстарда Солтүстік Каспий акваториясының көп бөлігіндегі мұз жабындылары 2-3 айдан аз уақыт сақталады. Н.И. Ивкина зерттеулері бойынша Пешной гидрометеорология стансасының мәліметтеріне сәйкес, мұз басу маусымының ұзақтығы 2005 жылдан 2015 жылға дейінгі аралықта 156 күннен (2011-2012 жылдың қатты қысы) 96 күнге (2003-2004 жж. жылы қысы) дейін жеткен. Бұл ретте Каспий теңізінің түрлі бөліктері үшін мұз басудың ұзақтығының әркелкі екендігін айта кеткен жөн [19].

Каспий теңізіне толқындану секілді құбылыс тән. Толқын жоталарының аударылуы жағалауда болатын соқпа толқынға қарағанда көбікті толқындар жағадан алыста жатқан қайраңдар үстінде байқалады. Каспий теңізінде жел толқындарының және ұсақ толқындардың әрекеті солтүстік-шығыс қайраң бетінен жақсы байқалады. Каспий теңізінің таяз бөлігінде толқындар түзу үшін қосымша фактор болып теңіз тереңдігі мен түбінің рельефі әсер етеді [20]. Каспий теңізіндегі ағыстардың режиміне ықпал ететін жетекші факторлар: жел, өзен ағысы, теңіз түбіндегі жер бедері, жағалаудың конфигурациясы жатады. Таяз сулы аудандарда ағыс бағыты сол аймақтағы соғатын желдің бағытына сәйкес келеді. Терең сулы аудандардағы ағыс бағыты желдің бағытынан ауытқиды. Теңіздің солтүстік бөлігіндегі ағыстардың бағыты тұрақты болып келеді.

Қазіргі кезде Каспий теңізінің жағалауын бес мемлекет игеріп отыр. Теңіз тек мұнай-газ өнеркәсібіне ғана емес, туризм саласында да үлкен сұранысқа ие.

2-кесте. **Каспий жағалауындағы елдердің рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы (авторлардың құрастыруымен)**

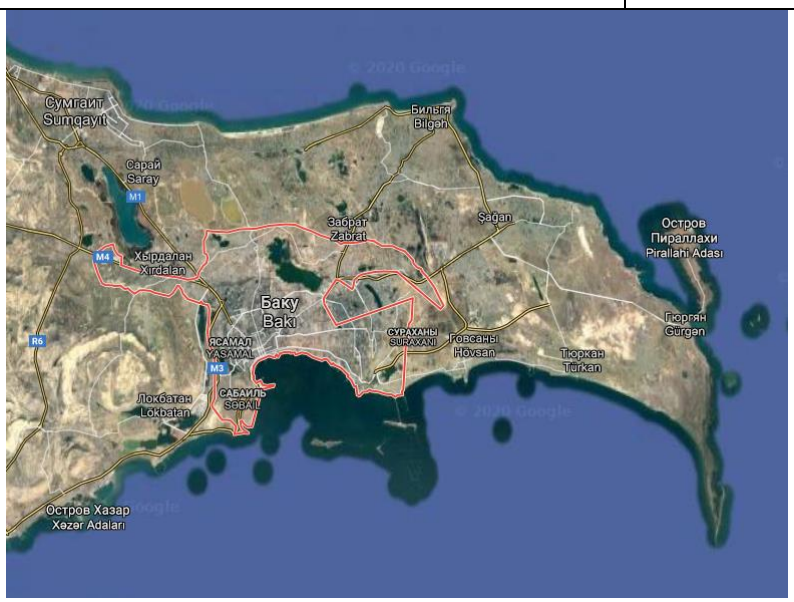
Мемлекет	Жағалаудың рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Ресей Федерациясы	Каспий теңізінің ресейлік жағалауының ерекшеліктері таяз, жазық, оңтүстігіне қарай көптеген аралдар, террассалар, ежелгі өзен арналары бар. Жер бедері гетерогенді, яғни біркелкі емес, таулардан, тау бөктерінен, жазықтардан тұрады. Тау бөктерінің орташа биіктігі 500-700 м, 1800 м-ден жоғары. Дағыстанның ең биік жері - Базардюзе тауы биіктігі 4466 м. Ресейдегі туристік маусым маусым айынан қыркүйекке дейін созылады. Судың қызу температурасы шілде айында +22,3°С-ге дейін жетеді. Тек Дербентте суға түсу маусымы мамыр айының ортасынан қыркүйек айының ортасына дейін созылған.	Махачкала, Дербент, Каспийск, Избербаш, Лагань, Астрахань



Мемлекет	Жағалаудың рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Қазақстан	Қазақстандық жағалау Каспий маңы ойпатындағы құмдардан тұрады. Абс. биіктігі - 27 м-ден 100 м-ге дейін көтеріледі. Тегіс жазықтың Тегіс жазықтың үстінде жеке тұз күмбезді қыраттар кездеседі (Бесшоқы - 60 м, Индер - 56 м, Үлкен Боғда - 152 м, т.б.). Маңғыстаулық жағалау үстірттер мен шыңдардан тұрады. Қиын қыртысты рельефті Маңғыстау және Кендірлі-Қаясан үстіртінің геоморфологиялық ерекшеліктері осы өңірде туризмді дамытуға мол мүмкіндіктер береді. Жаз айлары туризм үшін ең қолайлы кезең болып саналады. Теңізге түсу маусымы маусым айынан бастап тамыз айының аяғына дейінгі аралықты қамтиды. Шілде айында +24°С-ге дейін жетеді.	Ақтау, Форт-Шевченко, Кендірлі аймағы



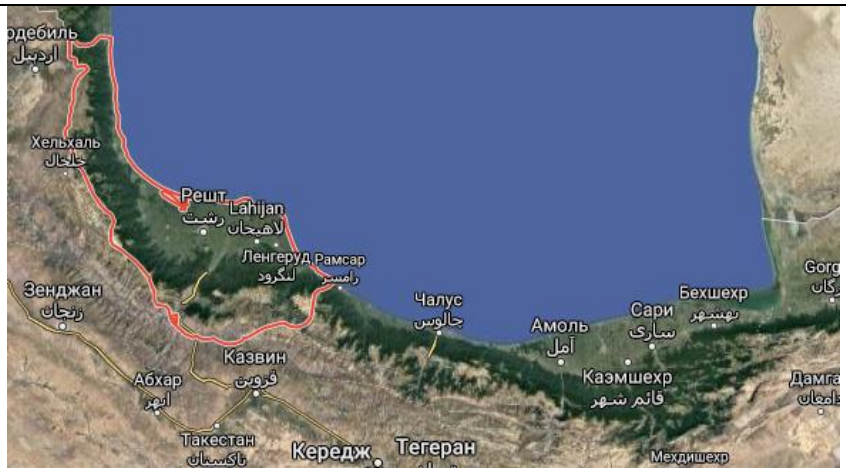
Мемлекет	Жағалаудың рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Әзірбайжан	Батыста Бакудан Алятқа дейін жағалау бойымен Кавказ тауларының оңтүстік-шығыс жотасы созылып жатыр. Одан әрі оңтүстікте оларды Кура - Аракс ойпатының құрғақ шөлейт даласы алады. Ленкоран таулары қайтадан жағалауға жақындап, Талыш жотасы мен теңіз арасындағы тар жағалау белдеуін құрайды. Баку архипелагының аралдар тізбегі Баку шығанағынан батысқа қарай 130 км созылып жатыр. Каспий теңізінің әзірбайжандық бөлігі жұмсақ климатымен ерекшеленеді. Субтропиктік климат бұл аймақта туризмді қарқынды дамытуға мол мүмкіндіктер береді. Сәуір айынан басталған туристік маусым қыркүйек айының ортасына дейін созылады. Жағажайдың басым көпшілігі құмды.	Баку, Худат-Ялама: Набрань; Абшерон: Мердакан, Бильгя, Бузовна, Зугульба, Сурахан; Ленкоран-Астарин



Мемлекет	Жағалаудың рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Түрікменстан	Каспий теңізінің жағалауының Түрікменстандағы ұзындығы 1768 км. Жағалауы аз тілімденген, ірі табиғи нысандар: Қара-Бұғаз-Гөл, Балхан шығанағы және Түркімен шығанағы. Красновод және Челекен түбектері қуаң жазықтармен ерекшеленеді. Жылдың барлық маусымында жылы. Бірақ ең қолайлы мезгіл мамыр – қыркүйек айлары. Бұл кезде су температурасы 25-30°С-ді көрсетеді.Жалпы су температурасы наурызда +12°С болса, қарашада +20°С. Қазір бұл арнайы туризм зонасы орналасқан аймақ.	Аваза, Туркменбаши



Мемлекет	Жағалаудың рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы	Туристік аудандар
Иран	Ирандық жағалаудың 600 км-ден аса бөлігі жазықтардан тұрады. Жазық батысында Гилян, орталығында Мазандеран, ал шығысында Гүлістан (Гулстан) деп аталады. Оңтүстік жағалауы Эльбурс тау жотасымен шектеседі. Кей жерлерде таулар теңізге жақындайды, бірақ олардың көп бөлігі 30-50 км қашықтықта орналасқан. Ең биік Демавенд тауының шыңы 5630 м. Туризмді дамыту үшін басқа мемлекеттердің жағалауларымен салыстырғанда аса қолайлы болып саналады. Қыс айларында +10°С; жаз айларында +27°С. Жауын-шашын қыс айларында көп түседі, бірақ жерортатеңіздік циклон әсерінен жаз айларында да жауын-шашын болып тұрады. Тамыз айындағы судың температурасы +28°С, ал қазан-қараша айларында +17°С. Сондықтан жылдың барлық маусымы өте қолайлы. Балық аулау, туризмнің белсенді түрлері қарқынды дамыған.	Гилян провинциясы, Мазандеран провинциясы: Рамсар, Ноушахир; Гулстан провинциясы



2-кестеде Каспий жағалауындағы елдердің рекреациялық-геоморфологиялық сипаттамасы берілген. Алайда Каспийдің барлық жағалауы рекреациялық тұрғыдан тиімді болып саналмайды. Каспий теңізінің 600 км-дей жағалауын Ресей мемлекеті туристік мақсатта қолданады. Теңіз жағалауын жағажай ретінде барлық маусымда қолдануға климаттық жағдай мүмкіндік бермейді.

Каспий теңізінде жағажайлық туризмді дамытуға құмды жағалаулары мен тұнбаларының құрамында адам ағзасына пайдалы минералды заттарға бай емдік батпақтар, өзіне тән өсімдіктер мен жануарлардың болуы, табиғи жағдайлары т.б. ықпал етеді.

Қорытынды

Каспий теңізінің жағалауында туризмді дамыту жер бедерінің ерекшеліктеріне, климаттық жағдайына тікелей байланысты. Әрбір аудан немесе аймақтың рекреациялық құндылығына, табиғат кешендеріне түсірілетін салмақтың тұрақтылығына және басқа да факторларға тәуелді болатын табиғатты рекреациялық пайдалану қарқынының тиістігі бір деңгейі болуы тиіс. Олардың қатарына негізінен рекреациялық іс-әрекеттердің қандай да бір түрлерінің нышаны, ерекшеліктері, сипаты, рекреациялық аудандарға рекреанттардың бөліну заңдылықтары жатады.

Каспий теңізі мен оның жағалауын табиғи-рекреациялық тұрғыдан бағалау барысында мынадай қорытындыларға келдік:

1. Каспий теңізінің рекреациялық аймақ ретіндегі ерекшеліктері: теңіз суының жұмсақтығы және кальций мен сульфаттарға байлылығы, биологиялық ресурстарының алуан түрлілігі;

2. Қолайлылығы: жоғары ауа райында туризммен айналысу белгілі дәрежеде шектелуі мүмкін. Қолайсыз ауа-райы демалыстың барлық түрлерін шектейді. Жиналған деректерге жасалған талдаулар Каспий теңізінде метеорологиялық жағдай маусым мен қыркүйек аралығында қолайлы екенін көрсетеді;

3. Каспий теңізін рекреациялық мақсатта жағалауындағы барлық мемлекет пайдаланады. Бірақ мемлекеттердің арасында теңіз жағалауын туризмде тиімді пайдалануда Әзірбайжан, Иран алдыңғы орындарды алады.

Каспий теңізін рекреациялық-геоморфологиялық бағалау туризм мен рекреацияны дамытудың келешектегі бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді. Теңіз алабының туристік-рекреациялық әлеуеті табиғатқа бағытталған, танымдық, спорттық, емдеу-сауықтыру туризмінің әртүрлі түрлерін дамытуға қолайлы. Каспий теңізінің табиғат кешендерін қорғау және тиімді пайдалану, рекреациялық ресурстарды қажеттілікке сай оңтайлы пайдалану қазіргі кезеңдегі көкейтесті мәселелердің бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Гинзбург А.И., Костяной А.Г. Тенденции изменений гидрометеорологических параметров Каспийского моря в современный период (1990-е – 2017 гг.) // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2018. – Т. 15, №7. –195–207 с.

[2] Mousavi, S.,M., (2008). Stratigraphy and Petroleum Geology of the Caspian Sea, Rohbakhsh, 2008, 372 p.

[3] Makshaev, R.R., Svitoch, A.A., (2016). Chocolate clays of the Northern Caspian Sea Region: Distribution, structure, and origin, Quaternary International, 409, 44-49.

[4] Lahijani, H.A., Abbasian, H., Naderi Beni, A., Leroy, S.A., Haghani, S, Habibi, P., Hosseindust, M., Shahkarami, S., Yeganeh, S., Zandinasab, Z., Tavakoli, V., Vahabi-Asil, F., Azizpour, J., Sayed-Valizadeh, M., Pourkerman, M., Shah-Hosseini, M. (2019), Sediment distribution pattern of the South Caspian Sea: Possible hydroclimatic implications, Canadian Journal of Earth Sciences, Vol. 56, No. 6: pp. 637-653

[5] Kosarev A.N., Kostianoy A.G. Physico-Geographical Conditions of the Caspian Sea // The Caspian Sea environment. – Berlin, 2005. – pp. 5-31.

[6] Свиточ А. А., Бадюкова Е. Н., Шейхи Б., Янина Т. А. Геолого-геоморфологическое строение и новейшая история развития иранского побережья Каспия // Доклады академии наук. – 2013, том 451, № 4. – 451-457 с.

[7] Agakishieva G.R., (2015). The role of relief in the organization of tourism in Azerbaijan.International scientific journal. No 5 (21), Vol. I. 138-141.

[8] Dowling, R.,K., (2015). Geotourism. In: Cater, C., Garrod, B., Low, T. (Eds.), The Encyclopedia of Sustainable Tourism. CABI, Oxford, 231-232.

[9] Panizza, M., (2001) Geomorphosites: Concepts, Methods and Examples of Geomorphological Survey, Chinese Science Bulletin, 46, 4-6.

[10] Kurt, S., Ekinci, D., (2013), The Geomorphotourism Features of The North Coast of Gulf of Erdek, 3rd International Geography Symposium - GEOMED 2013, Symposium Proceedings, 450-460.

[11] Pralong, J.-P. (2005), A method for assessing tourist potential and use of geomorphological sites, Géomorphologie: relief, processus, environnement, 3, 189-196.

[12] Воропаев Г.В., Красножон Г.Ф., Лахиджани Х.К. Сток рек и устойчивость Иранского побережья Каспийского моря //Водные ресурсы. – 1998. – Т.25, №6. – 747-758 с.

[13] Аманниязов К.Н. Каспийское море. – Алматы: «Қазақ университеті», 1999 – 110 с.

[14] Lahijani H, Tavakoli V, Amini A. 2008. River mouth configuration in South Caspian Coast, Iran. Environmental Sciences, 5, 65-86

[15] Леонтьев О.К., Маев Н.Г., Рычагов Г.И. Геоморфология берегов и дна Каспийского моря. – М.: МГУ, 1977. – 208 с.

[16] Яицкая Н.А., Бердников С.В. Многолетняя динамика солености вод Каспийского моря в зависимости от положения уровня моря // Изучение и освоение морских и наземных экосистем в условиях арктического и аридного климата: Материалы Международной научной конференции (6-11 июня 2011 г., Ростов-на-Дону). - Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 117-120 с.

[17] Водный баланс и колебания уровня Каспийского моря. Моделирование и прогноз // под ред. Е.С. Нестерова. – М.: Триада лтд, 2016. – 378 с.

[18] Makkaveev, P.N., Gordeev, V.V., Zavialov, P.O., Kurbaniyazov, A.K. (2018). Hydrochemical and Hydrological Conditions in the Ural River Lower Reaches and in the Caspian Sea Mouth Region at the Beginning of the Spring Flood, Russian Meteorology and Hydrology, 43, 706-712

[19] Ивкина Н., Наурозбаева Ж., Клове Б. Влияние изменения климатических условий на ледовый режим Каспийского моря // Центральноазиатский журнал исследований воды. – 2017. – № 3(3). – 15-29 с.

[20] Ивкина Н., Галаева А.В. О применении спектральной волновой модели SWAN для прогноза волнения на Каспийском море // Водные ресурсы Центральной Азии и их использование: Международной научно-практической конференции, посвященной подведению итогов объявленного ООН десятилетия «Вода для жизни». – Алматы: 2016. – 103-107 с.

Сергеева А.М., Кошим А.Г., Сапаров К.Т.

Рекреационно-геоморфологические особенности Каспийского моря и его побережья

Резюме.Поскольку Казахстан не граничит с океаном, в целях рекреации важно изучать внутренние водные бассейны. Одним из таких объектов является Каспийское море и ее северо-восточное побережье, которое не в полной мере используется в рекреационных целях. В связи с этим основной целью работы является исследованиес рекреационно-геоморфологическое состояния как самого моря, так и ее побережья. В работе были рассмотренырекреационно-геоморфологические особенности Каспийского моря, а также ее возможности для развития туризма. Вместе с тем, проанализировыаны физико-географическое положение, гидрография и климатические особенности казахстанской части моря и ее побережья, а также рекреационные возможности прибрежных стран. Помимо этого, были рассмотрены предпосылки для организации лечебно-оздоровительного туризма и пляжного отдыха. На основе анализа опубликованных теоретико-методологических исследований, а также сравнительно-географического и статистического методов были предложены пути для использования рекреационно-геоморфологических особенностей Каспийского моря и ее побережья.

Ключевые слова: геоморфологические формы, гидрологический режим, водный бассейн, климатические условие, рекреационные ресурсы, рекреационные районирование.

УДК 504.03

[1]A.D.Baibotaeva, [1]G.D.Kenzhalieva, [1]E.N. Kocherov, [1]A.D. Mamitova, [2]A. Begimbetova
([1]M.Auezov South Kazakhstan State university, Shymkent, Republic of Kazakhstan,
e-mail: nursara@mail.ru
[2]Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev, Almaty, Republic of Kazakhstan)

BIOASSESSMENT OF THE SOIL CONDITION OF THE URBAN ENVIRONMENT WITH THE USE OF EARTHWORMS

Abstract. The method of bioindication with using of earthworms is one of the most promising areas of analysis and control of soils on heavy metal contamination. During the model experiments with soil samples containing various concentrations of heavy metals, significant negative changes in the digestive system of earthworms in soil samples were detected. The increase in the concentration of heavy metals in soil samples leads to inhibition of earthworm metabolism, and then to the complete death of their population. The application of copper sulfate in model experiments as a pollutant leads to total loss of earthworms at 50% concentration of the reagent, the application of cobalt chloride as a pollutant the total loss of earthworms is observed at 40% concentration of the reagent, the total loss of earthworms is observed at 20% concentration of ferric sulfate, and 10% of cadmium sulphate. According to the degree of negative influence on earthworms, the studied chemical elements can be arranged as follows: Cd > Fe > Co > Cu > Zn.

Key words: monitoring, heavy metals, soil, pollution, earthworms, biosphere

[1]А.Д. Байботаева, [1]Г.Д. Кенжалиева, [1]Е.Н. Кочеров, [1]А.Д.Мамитова, [2]А.С. Бегимбетова
([1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова
г. Шымкент, Республика Казахстан, e-mail: nursara@mail.ru)
[2]Алматинский университет энергетики и связи имени Гумарбека Даукеева,
г. Алматы, Республика Қазақстан)

БИОТЕСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ

Аннотация. Метод биоиндикации с применением дождевых червей является одним из перспективных направлений анализа и контроля почв загрязнениями тяжелых металлов урбанистических систем. В ходе проведения модельных экспериментов с пробами почв, содержащих различные концентрации тяжелых металлов, были выявлены значительные негативные изменения пищеварительной системы дождевых червей почвенных проб. Увеличение концентрации тяжелых металлов в пробах почв ведет к ингибированию метаболизма дождевых червей, а затем и к полной гибели их популяции. При применении сульфата меди в модельных экспериментах в качестве поллютанта полная гибель дождевых червей отмечена при 50% концентрации данного реагента, при применении хлорида кобальта в качестве поллютанта полная гибель дождевых червей отмечена при 40% концентрации данного реагента, полная гибель дождевых червей отмечена при 20% концентрации сульфата железа, и при 10% концентрации сульфата кадмия. По степени негативного влияния на дождевых червей изучаемые химические элементы можно расположить следующим образом: Cd > Fe > Co > Cu > Zn.

Ключевые слова: мониторинг, тяжелые металлы, почва, загрязнение, дождевые черви, биосфера

Введение. В результате стремительного роста численности населения и бурного развития промышленного потенциала увеличивается и антропогенная нагрузка на окружающую среду. Контаминация почв тяжелыми металлами, особенно на территории городских ландшафтов, в промышленных зонах, придорожных зонах является одним из видов антропогенного воздействия на биосферу [1-11].

Тяжелые металлы (свинец, медь, цинк, кадмий и др.) попадают в почву в результате определенных природных явлений, таких как выветривание минералов [12-13]. Тем не менее, основное количество тяжелых металлов в биосферу поступает в результате увеличения антропогенной нагрузки.

Индустриальные отходы (черная и цветная металлургия, химическая, целлюлозно-бумажная, строительная, машиностроительная, легкая и пищевая, энергетическая, нефтехимическая и нефтеперерабатывающая промышленность), энергетика, транспорт, сельскохозяйственная деятельность (пестициды, удобрения) являются источниками тяжелых металлов. Предприятия каждой из отраслей промышленности производят специфические отходы, которые характеризуются "разным" набором загрязняющих веществ.

Поступающие в почву тяжелые металлы оказывают различное негативное воздействие на почвенные процессы. Они повышают минерализацию органического вещества почвы, вызывая негативные изменения в почвенно-поглощающем комплексе. В почвах, загрязненных тяжелыми металлами, снижается ферментативная активность почвы и жизнеспособность многих полезных микроорганизмов, что приводит к деградации почвы и снижает ее способность к самоочищению.

В районах активной сельскохозяйственной деятельности тяжелые металлы из атмосферы и почвы переходят в растения, а затем в организм сельскохозяйственных животных и человека. Тяжелые металлы, даже в небольших концентрациях, могут вызывать иммунологические, онкологические и другие виды заболеваний [14-18].

Последствия загрязнения тяжелыми металлами на сегодня представляют собой реальную угрозу для человека и всей экосистемы.

Методы исследования. Мониторинг загрязнения почв тяжелыми металлами и нормирование их содержания в почвенной среде достаточно сложны. В процессе нормирования почва может рассматриваться с различных позиций: как естественное природное тело, как среда обитания и субстрат для растений, животных и микроорганизмов, как объект и средство сельскохозяйственного и промышленного производства, как природный резервуар, содержащий патогенные микроорганизмы. Нормирование содержания тяжелых металлов в почве необходимо проводить на основе почвенно-экологических принципов, которые отрицают возможность нахождения единых значений для всех почв.

По вопросу санации почв, загрязненных тяжелыми металлами, существует два основных подхода. Первый направлен на очищение почвы от тяжелых металлов. Очищение может производиться путем промывок, путем извлечения тяжелых металлов из почвы с помощью растений, путем удаления верхнего загрязненного слоя почвы и т.п. Второй подход основан на закреплении тяжелых металлов в почве, переводе их в нерастворимые в воде и недоступные живым организмам формы. Для этого предлагается внесение в почву органического вещества, фосфорных минеральных удобрений, ионообменных смол, природных цеолитов, бурого угля, известкование почвы и т.д. Однако любой способ закрепления тяжелых металлов в почве имеет свой срок действия. Рано или поздно часть тяжелых металлов снова начнет поступать в почвенный раствор, а оттуда в живые организмы.

Туркестанская область – один из промышленно развитых и густонаселенных регионов Республики Казахстан. Рост техногенной нагрузки на окружающую среду региона связан с интенсивным развитием промышленности во второй половине прошлого века. В связи с приоритетами, установленными для обеспечения валового объема производимой продукции, в проектировании промышленных объектов были допущены существенные просчеты. Не были предусмотрены проектные требования по обеспечению систем оборотного водоснабжения и водовозвращения для производств, деятельность которых связана с большим водопотреблением, не произведены детальные расчеты по определению возможной суммарной нагрузки вредных веществ для окружающей среды, поступающих дымовой эмиссией от большой концентрации промышленных предприятий. При определении пространственной изоляции производственных зон и мест складирования отходов и золоотвалов промышленных предприятий не были учтены возможные темпы развития населенных пунктов и близость поверхностных водных источников. Как следствие этих просчетов, в настоящее время промышленные и санитарно-защитные зоны большинства крупных промышленных предприятий оказались на территории крупных городов и населенных пунктов региона и являются хроническими источниками загрязнения окружающей среды. В связи с этим, в настоящее время проблема очистки почв территории промышленных зон от ионов тяжелых металлов стала одной из острых экологических проблем региона.

У населения, проживающего в районах, прилегающих к промышленным предприятиям, наблюдаются повышенный уровень онкозаболеваний и болезней эндокринной системы.

В данное время особую важность имеет оценка влияния изменения экологической ситуации на организм человека и разработка методов донозологической диагностики этих влияний. Шымкент один из крупнейших промышленных центров Казахстана. По итогам мониторинга за 2018 год службой Казгидромет г.Шымкент был отнесен к классу повышенного уровня загрязнения [19].

Вредные вещества в атмосферу поступают от предприятий нефтеперерабатывающей промышленности, энергетики, цветной металлургии. Однако анализ показал, что на сегодняшний день выбросы загрязняющих веществ от передвижных источников составляют более 70% от общего валового выброса. Свалки бытового мусора также являются одной из проблем города. На свалке

образуются ядовитые вещества от гниющих отходов, различные канцерогены, кроме того при сжигании мусора выделяются токсичные вещества, вызывающие массу заболеваний. Поэтому весь бытовой мусор необходимо подвергать захоронению. Электронное изображение отходов г. Шымкент представлено на рис. 1, их элементный состав – на рис. 2 и табл. 1.

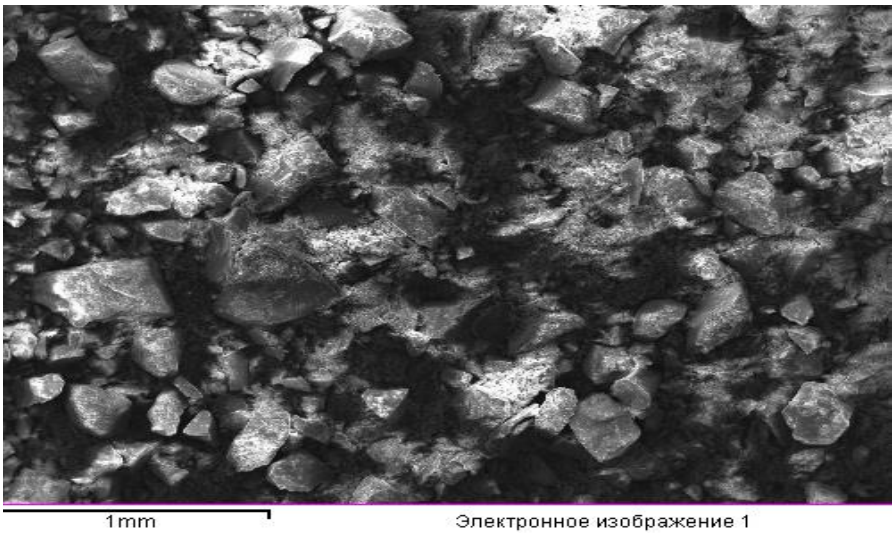


Рис. 1. Электронное изображение отходов г. Шымкент

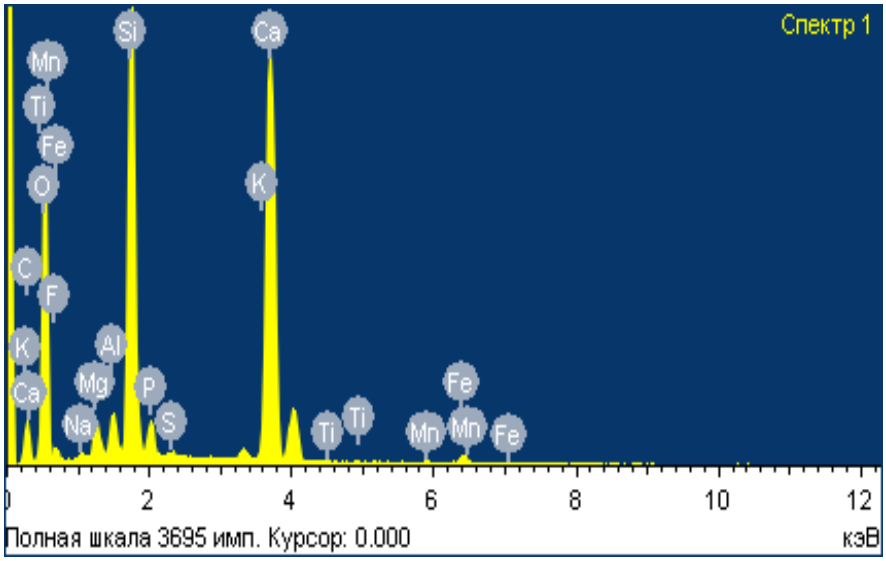


Рис. 2. Элементный состав отходов г. Шымкент

Таблица 1- **Элементный состав отходов г. Шымкент**

Элемент	**C**	**O**	**F**	**Na**	**Mg**	**Al**	**Si**
Весовой %	10,93	46,74	1,91	0,38	1,37	1,23	13,12
Элемент	**P**	**S**	**K**	**Ca**	**Ti**	**Mn**	**Fe**
Весовой %	1,37	0,16	0,42	21,06	0,08	0,20	1,03

Используются различные способы очистки загрязненных почв от тяжелых металлов. Особое внимание уделяется биоиндикации как оценке изменений окружающей среды, вызванных антропогенными воздействиями. Актуальность биоиндикации обусловлена также простотой, скоростью и дешевизной определения качества среды. В качестве индикаторов используем дождевые черви. Для почвы дождевые черви незаменимы. Дождевые черви дренируют почву, разлагают органический субстрат и обогащают почву минеральными веществами, используются для получения биоудобрений [20–22].

Для контроля загрязнения почв тяжелыми металлами были взяты почвы дендропарка г. Шымкент. Точечные пробы отбирали послойно с глубины 0–5 и 5–20 см массой не более 100 г каждая. Пробы почвы для химического анализа высушивали до воздушно-сухого состояния, далее хранили в матерчатых мешочках и картонных коробках. Для определения химических веществ, пробу почвы в лаборатории рассыпали на бумаге (кальке) и разминали пестиком крупные комки. Почву растирали в ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм.

Для воздействия на дождевых червей в качестве модельных тяжелых металлов были выбраны цинк гранулированный, сульфат кадмия, сульфат меди, хлорид кобальта и сульфат железа. Для оценки влияния этих реагентов на дождевых червей применяли пластиковые стаканы объемом 0,5 л, которые заполнялись пробами по 100 г почвы в каждом стакане. Всего использовалось 5 стаканов с одинаковым количеством почвы, куда добавляли отход хлопкового масла и в каждый стакан по 10 шт. дождевых червей. Длительность эксперимента по воздействию тяжелых металлов на дождевых червей составляла две недели. В течение всего периода в образцах поддерживалась постоянная влажность почвенной среды 65–70%.

Результаты. Как показали результаты исследований, дождевые черви неодинаково реагировали как на различные виды загрязнителей, так и концентрацию испытываемых реагентов (табл. 2).

Таблица 2 - **Реакция дождевых червей на загрязнение почвы различными реагентами**

Реагент	**контроль**	**10%**	**20%**	**30%**	**40%**	**50%**
Zn гранулированный	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Cu_2SO_4	100%	+	+	+	+	гибель
$CdSO_4$	100%	гибель	–	–	–	–
CoCl	100%	30%	20%	10%	гибель	–
Fe_2SO_4	100%	+	гибель	–	–	–

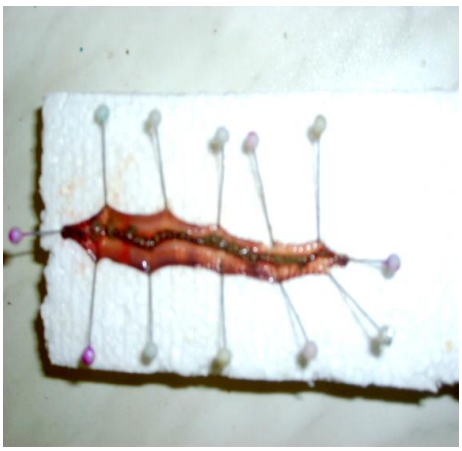
+ – гибель отдельных особей

Наименьшее влияние на популяцию дождевых червей оказал гранулированный цинк – 100% выживаемость дождевых червей отмечена во всех опытных вариантах.

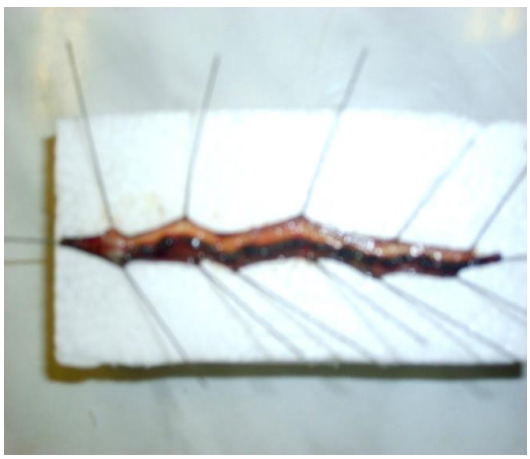
В варианте с применением сульфата меди полная гибель червей отмечена при 50% концентрации реагента, хлорида кобальта – при 40% концентрации, сульфата железа – 20%, сульфата кадмия – 10% концентрации препарата.

По степени негативного влияния на дождевых червей изучаемые химические элементы можно расположить следующим образом: Cd > Fe > Co > Cu > Zn.

Исследование внутреннего строения дождевых червей показало, что они впитали через кожу все токсичные элементы, которые отмечены на внутренних строениях дождевых червей (рис. 3), что в дальнейшем приводит к деградации и гибели популяции.



внутреннее строение дождевых червей, живущих на чистой почве



внутреннее строение дождевых червей, живущих на загрязненной почве с тяжелыми металлами

Рис. 3. Внутренне строение дождевых червей на различных по степени загрязнения почвах

Обсуждение. В результате загрязнения почвы Туркестанской области и города Шымкент (Республика Казахстан) тяжелыми металлами создалась необходимость разработки мероприятий по мониторингу и индикации состояния почв одним из наиболее перспективных среди которых является метод биоиндикации с использованием дождевых червей.

Применение метода биоиндикации в модельных исследованиях с различными концентрациями тяжелых металлов показали, что дождевые черви активно поглощают тяжелые металлы. Увеличение концентрации тяжелых металлов в почве ведет к значительным изменениям пищеварительной системы дождевых червей и частичной, а затем и к полной гибели их популяции.

При использовании сульфата меди полная гибель дождевых червей отмечена при 50% концентрации, хлорида кобальта – 40%, сульфата железа – 20%, сульфата кадмия – 10% концентрации препарата. По степени негативного влияния на дождевых червей изучаемые химические элементы можно расположить следующим образом: Cd > Fe > Co > Cu > Zn.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Байботаева, А.Д. Тяжелые металлы в почвах урбанизированных территорий / А.Д. Байботаева, Г.Д. Кенжалиева, В.Н. Босак // Вестник БГСХА. – № 4. – С. 185–189.

[2] Головатый, С.Е. Кадмий, цинк и свинец в почвах в зоне воздействия промышленных предприятий / С.Е. Головатый, С.В. Савченко, Е.А. Самусик // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2017. – № 4. – С. 70–80.

[3] Головатый, С.Е. Формирование педогеохимических аномалий в зонах воздействия промышленных предприятий / С.Е. Головатый, С.В. Савченко, Е.А. Самусик // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. – 2018. – № 3. – С. 94–103.

[4] Использование техногенных отходов для дорожной одежды коробчатого типа / К.Т. Жантасов, О.Б. Дормешкин, В.Н. Босак, К.С. Досалиев // Труды БГТУ. Серия 2: Химические технологии, биотехнология, геоэкология. – 2017. – № 2. – С. 170–175.

[5] Лукашенко, Н.К. Содержание свинца в торфяно-болотных почвах и растениях придорожных полос автомагистралей / Н.К. Лукашенко // Почвоведение и агрохимия. – 2006. – № 1. – С. 274–279.

[6] Михальчук, Н.В. Подвижные формы тяжелых металлов и микроэлементов в почвах карбонатного ряда юго-запада Беларуси / Н.В. Михальчук // Весці НАН Беларусі. Серыя хімічных навук. – 2017. – № 3. – С. 90–97.

[7] Мыслыва, Т.Н. Тяжелые металлы в агроселитебных ландшафтах г. Горки / Т.Н. Мыслыва, О.Н. Левшук // Вестник БГСХА. – 2019. – № 2. – С. 211–216.

[8] Перспективы и оценка использования техногенных отходов фосфорного производства / К.С. Досалиев, К.С. Байболов, К.Т. Жантасов, В.Н. Босак // Вестник БГСХА. – 2018. – № 2. – С. 205–208.

[9] Позняк, С.С. Загрязнение тяжелыми металлами дерново-подзолистой и торфяной почв сельскохозяйственных угодий в районе г. Жодино / С.С. Позняк // Экологический вестник. – 2010. – № 1. – С. 100–108.

[10] Толкач, Г.В. Содержание химических элементов в почвах на территории фермерских (крестьянских) хозяйств Брестского района / Г.В. Толкач, С.С. Позняк // Экологический вестник. – 2015. – № 3. – С. 79–88.

[11] Химическое загрязнение почвенного покрова г. Бобруйск / А.А. Голденков, И.А. Залыгина, С.П. Марчук, В.И. Матвеева // Экологический вестник. – 2010. – № 2. – С. 31–39.

[12] Босак, В.Н. Влияние антропогенновносимых кислот на процессы выветривания гранита / В.Н. Босак, К. Штар // Труды БГТУ: Лесное хозяйство. – 2012. – № 1. – С. 218–220.

[13] Bosak, V. Einfluß verschiedener Säurestarken und Anionen auf die Verwitterungswerte von Granit im Modellexperiment / V. Bosak, K. Stahr, M. Zarei // Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft. – 2007. – Nr. 110/2. – S. 639–640.

[14] Безопасность жизнедеятельности человека / В.Н. Босак, А.С. Алексеенко, Т.В. Сачивко и др. – Минск: ИВЦ Минфина, 2019. – 312 с.

[15] Белов, С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды / С.В. Белов. – Москва: Юрайт, 2011. – 680 с.

[16] Мотузова, Г.В. Химическое загрязнение биосферы и его экологические последствия / Г.В. Мотузова, Е.А. Карпова. – Москва: МГУ, 2013. – 304 с.

[17] Мудрый И.В. Влияние химического загрязнения почвы на здоровье населения / И.В. Мудрый // Гигиена и санитария. – 2008. – № 4. – С. 32–37.

[18] Baibotayeva, A. Influence of heavy metals (As, Pb, Cd) on the environment / A. Baibotayeva, G. Kenzhaliyeva, V. Bosak // Industrial Technology and Engineering. – 2019. – Nr. 2. – P. 5–10.

[19] Департамент экологического мониторинга РГП «КАЗГИДРОМЕТ» // Информационный бюллетень о состоянии окружающей среды Республики Казахстан за 2018 год. – Нур-Султан: Стандартинформ, 2018. – 331 с.

[20] Максимова, С.Л. Вермикомпостирование и вермикультивирование: состояние, проблемы и перспективы / С.Л. Максимова, В.Н. Босак // Белорусское сельское хозяйство. – 2007. – № 9. – С. 65–66.

[21] Максимова, С.Л. Применение жидких гуминовых удобрений на основе биогумуса в интенсивном земледелии / С.Л. Максимова, В.Н. Босак, Е.Г. Лузин. – Минск: НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам, 2014. – 14 с.

[22] Применение вермикомпоста (биогумуса) в интенсивном земледелии / С.Л. Максимова, М.Ю. Мухин, Т.М. Шаванова, В.Н. Босак и др. – Минск: НПЦ по биоресурсам, 2011. – 19 с.

Байботаева А.Д., Кенжалиева Г.Д., Кочеров Е.Н., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.

Жауын құрттарын қолдана отырып, қала ортасының топырақ жамылғысының жай-күйін биотестілеу

Түйіндеме. Жауын құрттарды қолдану арқылы биоиндикация әдісі урбанистік жүйелердің ауыр металдарының ластануын талдау мен бақылаудың перспективалық бағыттарының бірі болып табылады. Ауыр металдардың әртүрлі концентрациялары бар топырақ сынамаларымен модельдік эксперименттер жүргізу барысында топырақ сынамаларының жауын құрттарының ас қорыту жүйесінің елеулі теріс өзгерістері анықталды. Топырақ сынамаларындағы ауыр металдар концентрациясының ұлғаюы жауын құрттардың метаболизмін тежеуге, содан кейін олардың популяциясының толық жойылуына әкеледі. Модельдік сынамада поллютант ретінде мыс сульфатын қолдану кезінде осы реагенттің 50% шоғырында жауынқұрттардың толық қырылғаны белгілі болды, кобальт хлоридін поллютант ретінде қолдану кезінде осы реагенттің 40% шоғырында жауынқұрттардың толық қырылғаны белгілі болды, жауынқұрттардың толық қырылғаны темір сульфатының 20% шоғырында, және кадмий сульфатының 10% шоғырында белгілі болды.

Жауын құрттарына теріс әсер ету дәрежесі бойынша зерттелетін химиялық элементтерді келесідей орналастыруға болады: CD > Fe > Co > Cu > Zn.

Түйін сөздер. мониторинг, ауыр металл, топырақ, ластану, жауын құрттары, биосфера.

УДК 622.882

T. Kalybekov, K. Rysbekov, M. Sandibekov, Y. Zhakypbek, A. Aben.
(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: a.aben@satbayev.university)

JUSTIFICATION OF THE EFFECTIVENESS OF MANAGEMENT OF DISTURBED LAND RECLAMATION

Abstract. The importance of rational study of the justification of the effectiveness of management of disturbed land reclamation in open field development is shown. Justified technical solutions for the rehabilitation of the territory violated during mining operations and improving their quality are given. Sustainable development of the territory depends on timely reclamation and restoration of disturbed public lands, as well as reducing the negative impact of open-pit mining on the environment.

Key words: land disturbance, reclamation, management, justification, soil, dump surface, environment.

Т. Калыбеков, К.Б. Рысбеков, М.Н. Сандибеков, Ы. Жакыпбек, А.С. Әбен
(Satbayev University, Алматы, Казахстан
E-mail: a.aben@satbayev.university)

ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ

Аннотация: В статье показана важность рационального изучения обоснования эффективности управления рекультивацией нарушенных земель при открытой разработке месторождений. Приведены обоснованные технические решения по реабилитации нарушенной при ведении горных работ территории и повышению их качества. Устойчивое развитие территории зависит от своевременной рекультивации и восстановления нарушенных общественных земель, а также уменьшения отрицательного воздействия открытых горных работ на окружающую природную среду.

Ключевые слова: нарушение земель, рекультивация, управление, обоснование, почва, поверхность отвала, окружающая среда.

При открытой разработке усовершенствование проведение технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель обосновывается с учетом состояния окружающей среды в каждом конкретном случае их образования. В технический этап рекультивации включены в основном снятие, хранение и использование плодородного слоя почвы (ПСП) при формировании отвала. В этой связи возникает проблема сохранения свойств снятого верхнего ПСП за период его хранения во

временных буртах. С целью повышения эффективности биологического этапа рекультивации на поверхность временного бурта ПСП засеваются многолетние травы. При этом повышение эффективности рекультивации нарушенных земель на открытых горных работах зависит от успешной рационализации природопользования, установления масштабов, темпов нарушения и восстановления земель, использования их в народном хозяйстве, охраны и воспроизводства в целом.

Своевременное выполнение работ по рекультивации нарушенных участков ландшафтов позволяет значительно сократить вредное воздействие горных разработок на окружающую среду и создать необходимые условия для самовозобновления высокопродуктивных экологических систем, сократить общие затраты на охрану и воспроизводство природных ресурсов района. Благодаря успешной рекультивации земель восстанавливаются нарушенные горными работами гидрогеологические режимы подземных вод, прекращается загрязнение воздуха и воды, усыхание и гибель растительности, улучшается микроклимат и санитарно-гигиенические условия жизни в районе добычи и обогащения полезных ископаемых.

В период горнотехнической рекультивации в основном проводятся выполаживание откосов отвала и бортов карьера, планировка поверхности рекультивируемой площади, ликвидация послеусадочных явлений, укладка потенциально плодородных пород (ППП) и ПСП на спланированную площадь отвала. Биологическая рекультивация предусматривает проведение на землях, подготовленных в процессе горнотехнической рекультивации, комплекса агротехнических мероприятий по восстановлению и улучшению структуры грунтов, повышению их плодородия и высев оптимальных видов агрокультур. В целом при ведении открытых горных работ совмещение выполнения технического и биологического этапов рекультивации в период эксплуатации месторождения и обоснование управления восстановления нарушенных земель представляет важное значение для улучшения окружающей среды.

На открытых разработках наряду с традиционными технологиями рекультивации нарушенных земель и близлежащих участков, требующих восстановления почвенного плодородия, также применяются технологии реабилитации в целях возобновления и сохранения биоразнообразия, основанные на применении комплекса работ по возрождению территорий, ландшафта и экосистем, до состояния, приближенного к первоначальному [1]. В этих условиях техническая рекультивация является подготовительным для последующего биологического этапа и включает проведение планировочных работ на отвалах, формирование откосов, их террасирование, обеспечение стабильности грунтов, нанесение ПСП и ППП при их наличии на рекультивируемые поверхности отвала. Биологический этап рекультивации в основном включает осуществление агротехнических, биологических и фитомелиоративных мероприятий по восстановлению утраченного качественного состояния земель, направленных на создание условий для восстановления экологических функции почвы и биологической ее продуктивности, а также видового разнообразия экосистем.

Без совершенствования законодательной базы осуществление эколого-экономической реабилитации сельскохозяйственных земель невозможно из-за несовершенства существующих законов и постановлений для решения важной проблемы [2]. Поэтому необходимо принять законы об охране почв, рекультивации нарушенных земель, способствующие воспроизводству качества земель и повышению эффективности в будущем их использования. Законодательные акты должны включать целевые индикаторы мониторинга качества земель, регламентировать инструменты реализации возобновления и источники финансирования, а также предусматривать меры по контролю за осуществлением процесса рекультивации нарушенных земель.

Приведение отработанного карьера по разработке полезного ископаемого месторождения пильных известняков в экологически безопасное состояние, позволяющее использование восстановленного земельного участка в сельскохозяйственных целях по завершении рекультивационных мероприятий является важнейшей экологической и социальной задачей [3]. Рекультивация нарушенных земель является жизненно важной проблемой для решения экологических, экономических и социальных требований в районе разработки месторождений. По результатам анализа нарушенных земель по регионам Крыма и на примере карьера «Новое» по добыче полезного ископаемого приведены разработанные экологически обоснованные технические решения по своевременной рекультивации нарушенных земель района. Реализация предложенных природосберегающих обоснованных технических решений по рекультивации позволяет привести отработанный карьер по добыче пильных известняков в безопасное состояние как с точки зрения промышленной, так и с экологической безопасности.

Технология восстановительных работ производится размещением пород вскрыши во временных отвалах, располагаемых в границах горного отвода [4]. Работы по рекультивации

выполняются, начиная с первого года отработки карьера, разработка и перемещение отвалов вскрышных пород скрепером с объемом ковша 8,0 м^3. Грунт перемещается бульдозером на расстояние до 70 м и предварительная планировка бортов и дна карьера в 2 прохода производится бульдозером-рыхлителем. Планировка бортов и дна карьера в 4 прохода осуществляется бульдозером-рыхлителем и нанесение почвенно-растительного слоя на откосы и дно карьера мощностью 0,2 м скрепером. Работы по рекультивации планируется начать с первого года отработки карьера, а дальнейшие мероприятия, предусмотренные биологическим этапом рекультивации, должны осуществляться постоянным землепользователем или другой подрядной организацией за счет средств горнодобывающего предприятия. Реализация предложенных восстановительных работ по рекультивации позволит привести отработанный карьер по добыче пильных известняков в безопасное состояние как с точки зрения промышленной, так и с экологической безопасности региона посредством его перспективного использования под сельское хозяйство. Далее предлагается проведение интегральной экологической оценки после непосредственной реализации предложенных восстановительных работ по рекультивации нарушенных земель с учетом природных и региональных особенностей.

В результате исследований следует отметить некоторые характеристики процесса рекультивации нарушенных земель в условиях крупного города [5]. На территории проводятся масштабные нарушения поверхностного слоя земли, обусловленные значительными объемами выполнения ремонтных, строительно-монтажных и изыскательских работ. В этих условиях ориентация на выполнение рекреационного, санитарно-гигиенического, строительного и природоохранного направления рекультивации с учетом основного целевого назначения земель населенных пунктов соответствуют содержанию технической рекультивации нарушенных земель и характеру проведения биологического восстановительного этапа. В целом происходит значительное негативное воздействие нарушенных земель на природные ресурсы города и окружающую среду, ухудшение условий использования земельных ресурсов города и нарушение сложившейся организации территории. Проведение восстановительных работ в условиях крупного города следует проводить короткие сроки в связи с необходимостью создания благоприятных условий жизнедеятельности городского населения, нормального функционирования и развития урбанистического хозяйства. Включение работ по рекультивации нарушенных земель в состав основного комплекса строительно-монтажных работ, организация рационального использования земель после их восстановления и вовлечения в хозяйственный оборот и оптимизация городского землепользования позволяют своевременному восстановлению поврежденных территорий вблизи города.

С целью создания благоприятных условий развития биогеоценоза на техногенно нарушенных территориях можно использовать разные технологические схемы ведения горных работ и отвалообразования [6]. Суть совмещенной схемы заключается в сочетании технологии разработки месторождения и выполнения горнотехнического этапа рекультивации. В этих условиях включение работ горнотехнического этапа рекультивации нарушенных земель в технологическую цепочку отработки месторождения и выполнение всех работ основным горнотранспортным оборудованием, тогда совмещенная схема реабилитации участков является экологически и экономически эффективной. При решении проблем рекультивации нарушенных территорий в регионах необходим комплексный подход и должен включать в себя мероприятия по модернизации технологий разработки месторождений полезных ископаемых, направленных на сохранение и рациональном использовании местных природных ресурсов.

Формирование почв и создание плодородия участков происходит в процессе мелиоративных работ, при этом наиболее эффективным методом рекультивации нарушенных земель является нанесение на восстанавливаемую поверхность гумусового слоя почвы [7]. Для научно обоснованного создания почвенных структур необходимо знать их свойства, законы движения влаги и образование плодородия почвенного слоя. В результате взаимодействия факторов формирования слой почвы приобретает определенные свойства, изменение почвеобразующих факторов, эти качества, естественно, будут варьироваться. Принятые меры по восстановлению качества почвы требуют определенного времени, в течение этого периода основную почву следует обогащать питательными веществами, улучшать ее структурное состояние, активизировать биологические процессы путем посева мелиорантов, применяя рекомендуемые дозы удобрений в сочетании с соответствующей обработкой с целью их дальнейшего использования в сельском хозяйстве.

Восстановить нарушенные земли и реабилитировать их в соответствии с градостроительными зонами муниципального района города Екатеринбурга, решили начать с нарушенных территорий на местности, предназначенной для строительства [8]. Подготовлены денежные средства для рекультивации нарушенных земель в соответствии с проектами по разработке месторождений и утилизации отходов. Эти средства предназнчены использовать по прямому использованию для восстановления нарушенных районов под наблюдением местных государственных органов. Собственники, арендодатели, арендаторы и другие землепользователи восстановление нарушенных земель, верхнего слоя почвы и своевременную реабилитацию земель осуществляют за счет своих средств. Следовательно, обеспечение устойчивости определяет настоящее и будущее качество жизни, поэтому экономическое развитие территории города должно быть долгосрочным, экологичным и многозадачным. В этой связи достижение устойчивого развития территории является наиболее важной задачей и его решение зависит от привлечения внимания и интереса к указанным проблемам государственных и муниципальных органов власти, а также проживающих граждан вблизи нарушенных земель.

Общественность обязана призвать управляющих земельными участками защищать или требовать использования местных адаптированных видов растений для рекультивации и восстановления нарушенных общественных земель [9]. Для решения предлагается иметь более тесные связи с учеными-исследователями природных ресурсов с целью идентификации, выбора и сбора семян местных растений, подходящих для восстановления нарушенных мест обитания и сообществ растений. Центральным в этой концепции является признание роли естественной преемственности как основной движущей силы восстановления не только биологических компонентов, но и генезиса почвы, круговорот питательных веществ, гидрологических особенностей, также всех других биотических и абиотических компонентов функционирующих экосистем. Решение этой задачи представляет собой серьезный отход от традиционного отношения восстановлению и мелиорации в управлении земельными ресурсами, и его значение обосновывается фундаментальными и прикладными исследованиями.

Успешная рекультивация земель рудника способствует восстановлению экосистем, минимизирует негативные воздействия на окружающую среду, создает дополнительные земельные участки для использования в сельском или лесном хозяйстве района [10]. Наночастицы с чрезвычайно высокой реакционной способностью может быть применена для улучшения качества почвы, уменьшения загрязнения земель, обеспечения безопасной обработки почвы традиционных корректирующих материалов навоза и биозолидов, улучшения контроля эрозии почвенного слоя. В результате анализа новейших результатов исследований доказано использование экологически чистых наночастиц улучшает качества сельскохозяйственных почв и восстанавливают загрязненную почву, так как наноматериалы синтезируют и включают цеолиты с высоким потенциалом мелиорации почв. Следовательно, оценка эффективности наночастиц в грунт мелиорации и растительности учреждений является исследовательским приоритетом. Далее предлагается практический и экономичный подход применения нанотехнологий для рекультивации почвы рудника: добавление небольшого количества наночастиц в обычные материалы для улучшения свойства почвы, а затем применение смесей для улучшения ее качества. При этом стоимость использования наночастицы уменьшается и используется преимущества как наночастиц, так и обычных корректирующих материалов. Поэтому применение стабилизированных наночастиц для улучшения грунта практический подход к использованию нанотехнологий для мелиорации почвы и сельского хозяйства. Инкубация высокореактивных наночастиц с твердыми отходами может снизить риск прямого высвобождения наночастиц в среду и токсичность их для растений.

Изучение состояния нарушения земель и рекультивационных работ с целью своевременного решения задачи по охране окружающей среды обеспечивает устойчивость добычи руд при соблюдении требований технического и биологического этапов рекультивации нарушенных земель [11]. Своевременное принятие организационно-технических мероприятий по разработке рациональных способов восстановления нарушаемых территорий способствует уменьшению отрицательного воздействия открытых горных работ на окружающую природную среду.

Выводы

На открытых разработках при рациональном обосновании управления восстановления нарушенных земель за счет совмещения технического и биологического этапов рекультивации в период эксплуатации месторождения происходит улучшение сохранения состояния окружающей среды. При ведении горных работ сочетание технического и биологического этапов рекультивации благоприятствует восстановлению экологических функций почвы и биологической продуктивности

земель. Обоснованные технические решения по рекультивации нарушенных участков способствуют повышению качества реабилитируемых земель и эффективности их использования. Рациональное использование земель после их восстановления с учетом природных и региональных особенностей и вовлечение в хозяйственный оборот повышает ценность рекультивированных нарушенных участков. Комплексный подход и модернизация технологии открытой разработки месторождений благоприятствует эффективной рекультивации нарушенных земель. Привлечение внимания государственных и муниципальных органов власти к проблеме устойчивого развития территории зависит от цели рекультивации и восстановления нарушенных общественных земель района. Применение стабилизированных наночастиц с целью улучшения грунта при реабилитации почвы территории и сельскохозяйственных земель способствует уменьшению отрицательного воздействия открытых горных работ на окружающую природную среду.

Статья подготовлена по проекту ГФ МОН РК 2018/АРО5131591.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ГОСТР 57446-2017. Наилучшие доступные технологии. Рекультивация нарушенных земель и земельных участков. Восстановление биологического разнообразия. -М.: Стандартинформ, 2017. - 22 с.

[2] Бессонова Е.А. Эколого-экономическая реабилитация сельскохозяйственных земель. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук. -М.: МГУ имени М.В. Ломоносова. 2011. -43 с.

[3] Садыкова Г.Э. Экологическое обоснование технических решений по рекультивации нарушенных земель в Республике Крым // Экономика строительства и природопользования. №1(2). 2017. -С.57-63.

[4] Садыкова Г.Э., Иваненко Т.А. Обоснование схемы восстановительных работ по рекультивации нарушенных земель в Сакском районе Республики Крым //Экономика строительства и природопользования. №3(64). 2017. -С.88-94.

[5] Брыжко В.Г. Восстановление нарушенных земель в условиях крупного города // Фундаментальные исследования. № 6. 2016. -С.134-138.

[6] Горбунова А.Р., Семина И.С. Рациональное использование природных ресурсов в рекультивации нарушенных земель. http://science.kuzstu.ru›wp…2015…Articles/Gorbunova.pdf.

[7] A V Chelovechkova, E N Polyakova, D I Dik. Issues of Soil and Ecological Efficiency of Land Reclamation and Justification of the Possibility of Restoration of the Properties of Chernozems. International science and technology conference "Earth science". doi:10.1088/1755-1315/272/2/022155.

[8] E Wegner-Kozlova, O Guman. Reclamation of disturbed lands in the municipal district of Yekaterinburg city for sustainable development. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. doi:10.1088/1757-899X/483/1/012105.

[9] Ray W. Brown, Michael C. Amacher. Selecting Plant Species for Ecological Restoration: a Perspective for Land Managers. USDA Forest Service Proceedings RMRS-P-8. 1999.

[10] Ruiqiang Liu, Rattan Lal. Nanoenhanced Materials for Reclamation of Mine Lands and Other Degraded Soils: A Review. Hindawi Publishing Corporation Journal of Nanotechnology. Volume 2012, Article ID 461468, 18 pages. doi:10.1155/2012/461468.

[11] Калыбеков Т., Сандибеков М.Н., Рысбеков К.Б., Жакыпбек Ы. Изучение состояния и рекультивации техногенно-нарушенных земель на открытых горных работах. Materiály XIV Mezinárodní vědecko-praktická konference «Aplikované vědecké novinky-2018», Volume 5: Praha. Publishing House «Education and Science». Pp.18-25.

Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н., Жакыпбек Ы., Әбен А.С.

Бұзылған жерлерді қалпына келтіруді басқару тиімділігінің негіздемесі

Түйіндеме. Кенорындарын ашық әдіспен игеру кезіндегі бұзылған жерлерді рекультивациялауды басқарудың тиімділігін негіздеуді ұтымды зерделеудің маңыздылығы көрсетілген. Тау-кен жұмыстарын жүргізу кезіндегі бұзылған аумақты қалпына келтіру бойынша негізделген техникалық шешімдер келтірілген. Аумақтың тұрақты дамуы қоғамдық бұзылған жерлерді дер кезінде рекультивациялауға және қалпына келтіруге, сонымен қатар ашық тау-кен жұмыстарының қоршаған табиғи ортаға жағымсыз әсерін азайтуға байланысты болады.

Түйінді сөздер: жерлердің бұзылуы, рекультивация, басқару, негіздеу, топырақ, үйінді беті, қоршаған орта.

ӘӨЖ 628.161

[1]A. Makyzhanova , [2]N.Shaugimbayeva, [3]A.Katasheva

BIOLOGICAL PURIFICATION OF WATER SYSTEMS FROM HEAVY METALS

Abstract. The article considers and highlights the water of lake Balkhash in the Balkhash district of Almaty region Chlorella sp.T-2, Chlorella sp.Microalgae B-1 and the collection strain Chlorella vulgaris Beij. the penmutant strain was used by Chlamydomonas reinhardtii CC-124 Res -1. This article presents the results of the conducted scientific-research works on the biological treatment of water systems from heavy metals.

Keywords: water, heavy metal, cleaning.

[1]А.Т.Мақыжанова , [2]Н.Н.Шаугимбаева, [3]А.Ч.Каташева

([1]Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Қазақ ұлттық аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан
[3]Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан
asyl_m_74@mail.ru, bako2002@bk.ru, alma_81.kz@mail.ru)

СУ ЖҮЙЕЛЕРІН АУЫР МЕТАЛДАРДАН БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖОЛМЕН ТАЗАЛАУ

Түйіндеме. Мақалада Алматы облысы Балқаш ауданында Балхаш көлінің суы қарастырылып және бөлініп алынған Chlorella sp.Т-2, Chlorella sp.Б-1 микробалдырлары және коллекционды штамм Chlorella vulgaris Beij. пенмутантты штамм Chlamydomonas reinhardtii CC-124 Res –1 қолданылды. Бұл мақалада су жүйелерін ауыр металдардан биологиялық жолмен тазалау бойынша жүргізілген ғылыми-зерттеу жұмыстардың нәтижесі берілген.

Түйін сөздер: су, ауыр металл,тазалау.

Кіріспе. Қазіргі таңда елімізде қоршаған ортаның ластануы өзекті мәселеге айналып отыр. Қоршаған ортаның субалансының бұзылуы нәтижесінде көптеген өндірістік, коммуналды-тұрмыстық және ауылшаруашылық ағын сулары алдын ала тазалаусыз суқоймаларға құйылып жатыр. Әр түрлі полютанттармен ластанған су экожүйелерін тазалау мақсатында маңызды микробалдырларды өсіріп мол биомасса жинап алу, оларды өсіретін қондырғылырды жасау, олардың технологиялық және экономикалық жоғарғы денгейде болуы қазіргі биотехнология ғылымдарының маңызды мәселелерінің бірі болып саналады.

Экологиялық токсиканттар – адаммен жануарларға ұзақ токсикалық әсер ететін, қоршаған ортаның улы химиялық ластаушылары, сонымен қатар ортаның биотикалық және абиотикалық компоненттерінде ұзақ уақыт бойы сақталуға, миграциялауға және жинақталуға қабілетті заттар [2].ХХғасырдың 60-жылдардыңбасында адамзат алғаш рет экологиялық мәселелердің қауіптілігін сезіне бастады. Бұның себебі климаттың глобальды жылынуы, полюстардағы озонды тесіктердің пайда болуы, токсиканттардың убиквитарлы (жаппай) таралуы және судың, ауаның, топырақтардың, азық-түліктердің зиянды химиялық заттар мен ластануы, өсімдіктер мен жануарлардың көптеген түрлерінің жойылуы, планетадағы саны өсіп жатқан халықтың әрекеттері нәтижесінде био алуан түрліліктің төмендеуі болды [3].

Экологиялық аспектіде кез келген химиялық ластаулар экожүйедегі бөтен текті кешен болып табылады, және оларды қауіптіліктің төртқласына жіктеу қалыптасқан:

I – аса қауіпті, II – жоғары қауіпті, III – шамалау қауіпті және IV – аз қауіпті [4].

Қоршаған орта мен адам денсаулығы үшін қауіптілігінің дәрежесі бойынша жоғары мәнге ие экотоксиканттарға бейорганикалықтардан ауыр металдар жатады. Қазіргі таңда көптеген экосистемалардың құрамында ауырметаллдардың санының артуымен олардың шектеулі мүмкіндік концентрациясынан асып кетуі, жалпы адамзат баласымен барлық тірі организмдердің өміріне аса қауіп төндіруде. Сондықтанда, ауыр металлдардың тірі организмдерге әсерін зерттеу, экологияның мағызды мәселесінің бірі болып табылады.

F.E.Moseужәне D.A.Hughes бойынша ауыр металлдарға сілтілік (Na, K) және сілтілік жер металдардан (Ca, Mg) басқа, тығыздығы 5г/см 3 жәнеА=50-ге тең металлдардың барлығын жатқызады [4].

Көптеген ауыр металлдар тірі организмдер өміріне аса қажет микроэлементтер ретінде кездеседі [5]. Олар витаминдер, ферменттер, гормондар, пигменттер және басқа да биологиялық активті заттардың құрамына ене отырып, биологиялық процесстерге қатысады. Дегенменде, ауырметаллдар жоғары концентрацияда кездессе, организмдерге токсинді әсер етеді[6].

Зерттеулер нысаны мен әдістері. Зерттеу жұмысы экология проблемалары бойынша ҒЗИ фотобиотехнология зертханасында орындалды.

Ғылыми жұмыста стандартты микробиологиялық және альгологиялық әдістер қолданылды.Әр түрлі поллютанттар мен ластанған су экожүйелерін тазарту мақсатында табиғи субстраттардан микробалдырлардың белсенді штаммдарын бөліп алу болып табылады.

1 Микробалдырлардың түрлік құрамын анықтау әдісі

Су сынамаларында және әртүрлі сулы экожүйеде микробалдырлардың түрлік құрамын анықтау Сиренко әдісімен жүргізілді. Бұл әдісте мынандай анықтауыштар қолданылды: Орталық Азияның көк-жасыл балдырлардың анықтауышы, 1-2 том; тұщы су балдырлардың анықтауышы, 1-14том,1951 ж; Орталық Азияның протококкалық балдырлардың анықтауышы,1-2том, 1988 ж; Орталық Азияның көк-жасыл балдырлардың анықтауышы, 1987ж;Хлорококкалық балдырлардың қысқаша анықтауышы, Украина Киев,2005ж.

2 Микробалдырлардың жинақ дақылың алу әдісі

Микробалдырлардың жинақ дақылын алудың қарапайым әдісі қолдандылды. Жиналған материалды сұйық қоректік орталары бар колбаларға немесе пробиркаларға егу арқылы микробалдырлардың жинақ дақылы алынды.Алдымен сулы сынаманы 15 тәулік жарыққа (6 мың люкс) қойылды. Содансұйық Тамия ортасын дайындап, соған сулы сынама егілді де жарыққа (6 мыңлюкс) қойылды. Осылайша жинақ дақылы алынды.

3 Альгологиялық таза дақыл алу әдісі

Альгологиялық таза дақыл алу үшін «Штрих» әдісі пайдаланылды.«Штрих» әдісімен балдырларды бөлу бактерияларды изоляциялауғаарналған әдістерге ұқсас. Микробиологиялық тұзақпен үлгінің аздаған көлеміналады, одан кейін оны бірнеше әдістің біреуін пайдалану арқылы қаттыортаның бетіне жаймалайды.Алдымен штрихтарда балдырлардың көп көлемі болады, дегенмен тұзақтың қозғалуына байланысты клетка саны жеке клеткаларға дейін азаяды.Балдырларды еккеннен кейін табақшаларды колонияларды өскенге дейін инкубацияладық. Инкубациялау уақыты топырақ және тұщы су балдырлары үшін бірнеше күннен теңізде өсетін түрлер үшін бірнеше айға дейін созылуы мүмкін. Содан кейін жеке клеткалардың ұрпақтары бөлген колонияларды дақылға бөліп алдық.Колонияларды агардың бетінен микропипетка мен нихромды (платина) микробиологиялық тұзақтың көмегімен ажыратып алуға болады.Микропипетканы негізінде құрғақ жағдайда пайдаланады.Егер пипеткастерильді сұйықтыққа толы болса, онда сұйықтықтың аздаған көлемі колония бойына таралуы мүмкін. Микропипетканың соңы колонияға тиген уақытта клетканың кейбір мөлшері пипеткаға енуі мүмкін. Содан кейін микропипетканы бірден қоректік ортасы бар түтікшеге немесе басқа Петри табақшасына салдым. Клеткаларды ақырындап пипеткадан үрлеп тастағандұрыс. Сонымен қатар балдырларды басқа агарлы ортаға штрих әдісі арқылыегуге болады. Егер клеткалар жеке колониялардан бөлініп, стерильділікережелерін сақтау арқылы алынса, онда таза дақылды алу мүмкіндігі жоғары

Зертеулер нәтижелері

Көлге келіп құятын өзендердің тазалығына және су қорғаушараларының жүргізілуіне қарамастан, Балхаштың ластану қарқындылығымен күресу мәселесі жалғасуда.Балхашкөлінің суы ауыр металлдармен, мұнай өнімдерімен, фенолдармен және т.бзаттармен ластанғандықтан сапасы бойынша қанағаттандырылмаған деген бағаға ие.Әр түрлі полютанттармен ластанған су экожүйелерін тазарту да перспективті микробалдырлардың штамдарын бөліп алу мақсатында су үлгілерін алу процесі Балхашкөлінің Батыс жағалауының 2 әр түрлі нүктелерінде жүргізілді:

1. Бертіс шығанағы
2. Торанғалық шығанағы

Балхашкөлінен су үлгісін алу жазмезгілінде (шілде айында) Бертіс жәнеТоранғалық шығанақтары аймақтарында жүргізілді, себебі көрсетілген аймақтарда судың әр түрлі органикалық заттармен және ауыр металдармен ластануының максималды деңгейі байқалған.Жоғарыда атап өткендей, Балхашкөлінің металдармен ластануына «Казақмыс» - ПО "Балхашмыс" өндіріс орындарының қалдықтары әсер етеді. 91041 тыс.м.^{3} ағын суы мен жылына бұл тоғанға 0,362 т мыс, 0,435 т қорғасын, 0,465 т мышьяк келіп түседі. Металл өнеркәсібі мен жылуэнергетикасының дамуы Бертіс мүйісінен алынатын судың үлкен көлеміне байланысты. 1995 жылдан бастап пайдаланылған су тазартудан өткенен кейін қайтадан Бертіс және Торанғалық шығанақтарына бастапқыдан азкөлемде құйылғанымен, көрсетілген аймақтағы су әлі күнге дейін техногенді әсерге ұшырауда. Көлдің негізгі ластаушы заттары ауырметалдар, мұнай өнімдері және аз көлемде фенолдар болып есептелінеді (Сурет 1).



1-сурет. Балхаш көлінен су сынамалар алынған жер

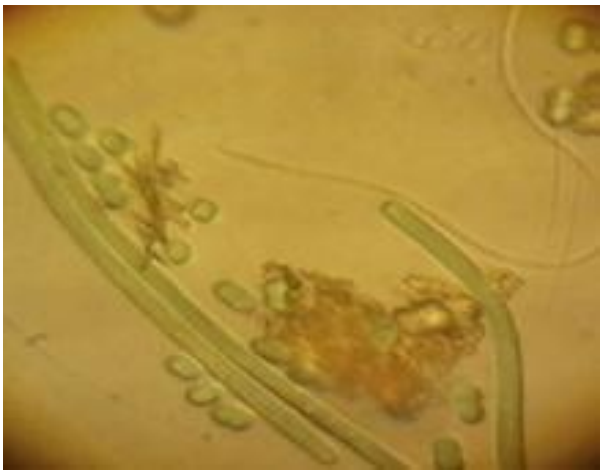
Су үлгілерін алу уақытында су температурасы 20-24 0 С болған. Судың ортарН-ы 7,1 мен 7,4 арасында. Үлгілерді 0,5 л көлем болатын батометрмен аз сулы биотоптардан (су үлгісін алу тереңдігі 0,3-1,6 м арасында болды). Зерттелініп отырған шығанақтардың физико-химиялық құрамдары 1-кестеде көрсетілген

Кесте 1 – **Балхаш көлі суының физико- химиялық құрамы**

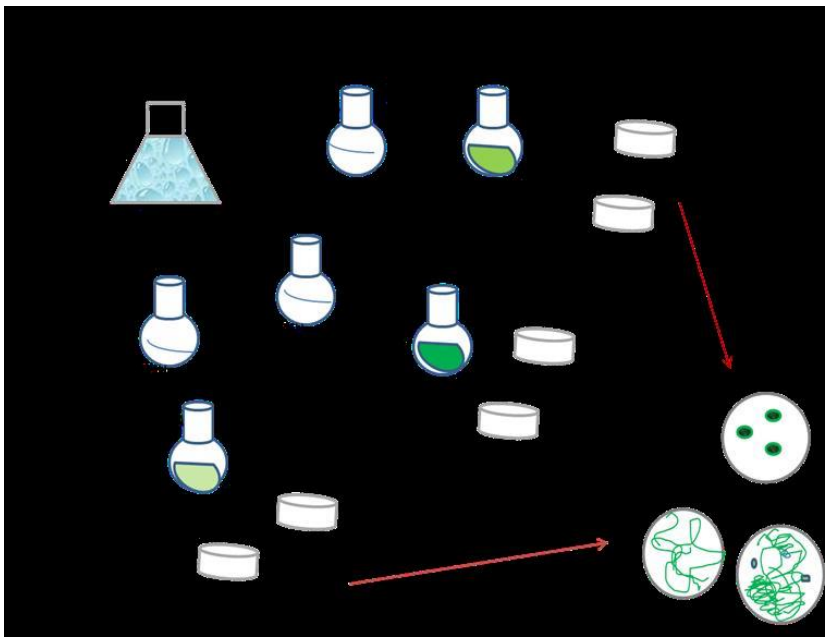
№	Көрсеткіш	Торанғалық шығанағы	Бертіс шығанағы
1	Температура (0 С)	21	21
2	pH	7,1	7,2
3	БПК 5 , О 2 мг /г	10	9,5
4	Қышқылдану, О 2 мг/г	16,6	13,4
5	Хлорид мг/л	60,3	58,3
6	Сульфат мг/л	51,8	48,3
7	Аммиак мг/г	11,8	12,1
8	Нитрит мг/л	1,2	1,1
9	Нитрат мг/л	6,8	6,7
10	Фосфат мг/л	3,1	3,0
11	Фенол мг/л	0,015	0,09
12	Темір мг/л	0,25	0,19
13	Қорғасын мг/л	0,0028	0,0021
14	Мыс мг/л	0,22	0,20
15	Мырыш мг/л	0,3	0,28
16	Кадмий мг/л	0,003	0,0028

Микро балдырлар мен циано бактериялардың жаңа штамдарын алу мақсатында 2014 жылы жаз мезгілінде осы жұмыстың материалы ретінде микробалдырлардың және циано бактериялардың су сынамалары алынды.Микробалдырлардың таза культурасын алу – бірнеше этаптан тұратын күрделі процесс . Алдымен балдырлардың үлгі жиынын және жинақ дақылын аламыз. Үлгі жиынын түрлер мен формалардың вегетация кезіндеалған жөн (Сурет 2).

Жинақ дақылынан альгологиялық таза балдырлардың клетка популяциясын алады. Жинақ дақылын алу үшін сынаманы сұйық және қаттыорталарға (04 ортасы, Тамия, Зарукка, Громова) егіп, 2000-3000лк жарыққа (10тәулік) қояды. Өсірілген балдырларды қайта сұйық немесе агарлы ортаға егеді.Ары қарай культураларды морфологиялық белгілермен теңестірді.Келесі кезең – микробалдырлардың альгологиялық таза культура алу.Балдырларды әртүрлі жарықтандыру жағдайларда өсірсек, біз әртүрлі жарықтандыру жағдайларға бейімделген альгологиялық таза дақыл ала аламыз. Жинақ дақылдан альгологиялық таза дақыл алу үшін микроманипулятор қолдана отырып, микробиологиялық әдістерді пайдаланады (Сурет 3).



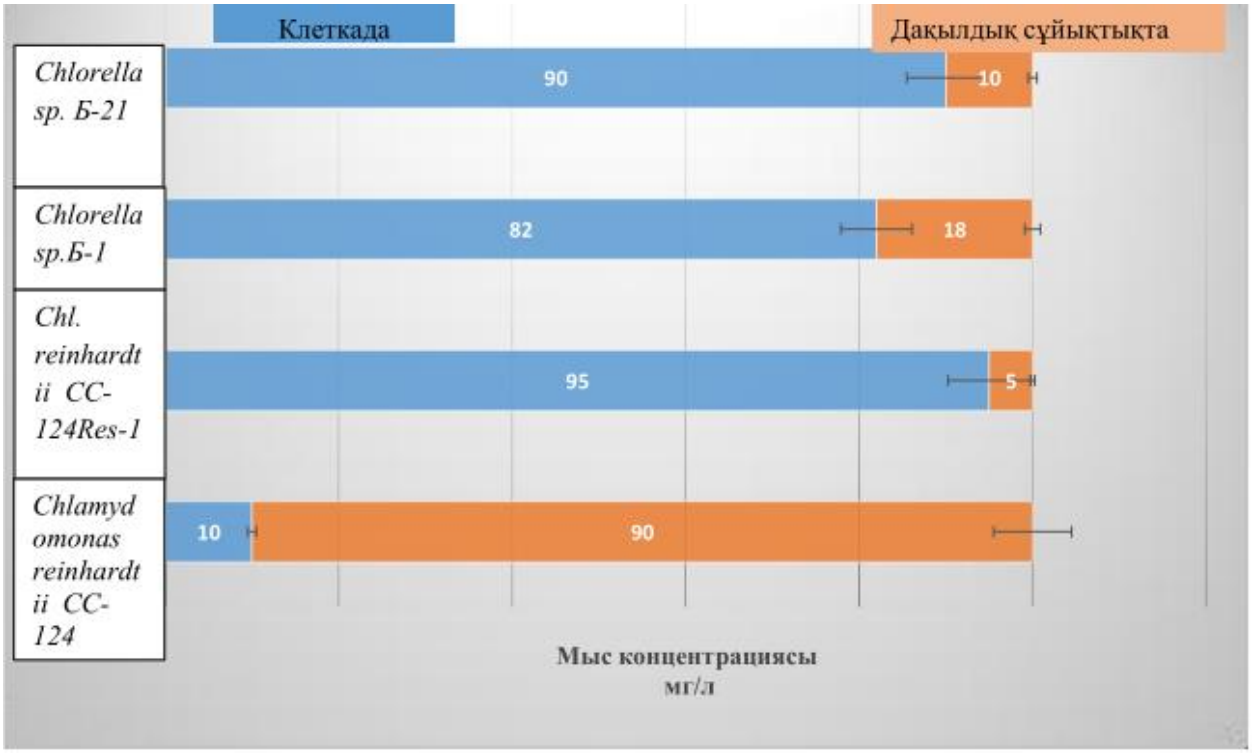
2-сурет. Балхаш көлінен алынған сынама



3-сурет. Микробалдырлардың альгологиялық таза дақыл алу схемасы

Ашық жерлерде микробалдырларды жаппай дақылдауда альгологиялық таза штамдар пайдаланады. Ал жабық жерлерде, сонымен қатар балдырлардың физиолого-биохимиялық ерекшеліктерін зерттеуде тек альгологиялық штаммен шектелмей, бактериологиялық штамдарында қолданады.Қайта-қайта егу нәтижесінде жинақ дақылдан 6 альгологиялық таза дақылалынды. Олар: цианобактерия түрлерінен - *Synechococcus aeruginosus, Synechocystis sp., микробалдырлардан - Chlorella vulgaris Beij., Chlorella sp., Scenedesmus quadricauda Turp., Scenedesmus obliquus Turp*.Алынған дақылдардың морфолого-культуральді қасиеттері зерттелді.

Алынған нәтижелер мыс иондарының көптеп жиналуы *Chlamydomonasreinhardtii CC-124 Res-1* мутантты штамына төзімді жасушалар және лас суданалынған Chlorella sp. Б-21 штамм жасушаларына байланысты екендігін көрсетеді. Тәжірибе барысында Chlamydomonas reinhardtii CC-124 жабайы Мыс концентрациясы мг/л клеткада дақылдықсұйықтықта *Chlamyd Omonas Reinhardt ii CC- 124 Chlorella sp. Б-21 Chlorella sp.Б-1 Chl. Reinhardt ii CC-124Res-1* штамы мыс иондарын 10 мг/л-дейін жинақтағанмен *Chlamydomonas reinhardtii*CC-124 жабайы түрі жасушаларының мыс иондары қосылған ортада өміршеңдігі 28% құрап төмен болса, бөлініп алынған Chlorella sp.Б-1 жәнеChlorella. sp. Б-21 штаммдары жасушаларының өсуі 90-95 %-ды құрады.



4-сурет. Әр түрлі микробалдырлар штамдарының клеткаларымен 24 сағат дақылдауда мыс иондарын биоаккумуляциялау

Ластанған ағын су моделін тазартуда аралас жасылмикробалдырлар дақылдарының мүмкіншіліктеріне баға беру

Келесі тәжірибеде, ластанған ағын суларға кадмийға төзімдіиндуцирленген мутагенез арқылы алынған мутантты штамм Chlamydomonasreinhardtii CC-124Res-1 және қалдық сулардан бөлініп алынған, ауырметалдарға төзімді Chlorella sp.Б-21 мен Chlorella sp.Б-1 штамдарының араласдақылы егіліп, тазалау процесі байқалды.Модельді тәжірибелерде әр түрлі концентрацияларда кадмий, мыстыңтұздары тұндырылған қалдық сулары қолданылды. Мыс ионының мөлшері -100,0 мг/л, кадмий – 50,0 мг/л болды. Бұл суларға микробалдырларды дақылдауарқылы судың физикалық қасиеттері мен тазарту деңгейі анықталды.Жасушаның алғашқы тығыздығы - 2,5 х 10 6 кл/мл болса, 3 күннен кейінбұл көрсеткіш 24,6 х 10 6 кл/мл дейін өсті. Микробалдырлар жасушаларыныңсуспензияларын ауыр металл иондарымен байытылған ластанған су үлгілерінеенгізіліп, оның физико-химиялық құрамының өзгеруі бақыланды.

Жүргізілген анализге сәйкес, біз пайдаланған тұндырма ағын суының pH-ы6,8-7,8 аралығында болды, иісі- 5 балл, түсі – қою-қоңып, еріген оттегі жоқ,өлшенген заттар концентрациясы- 18 мг/л, оттегіні биохимиялық тұтыну(БПК 5)- 62,2 мг/О2/л, қышқылдану- 16,6 мг О2/л, аммиак концентрациясы - 13,7мг/л, нитриттер-0,8 мг/л, фосфаттар- 4,46 мг/л. Микробалдырлардың ластанғансуда өсу қабілетін анықтау үшін Chlamydomonas reinhardtii CC-124 Res –1,Chlorella sp.Б-21 және Chlorella sp.Б-1 штамдары лабораториялық жағдайда осысуда дақылданды.Микробалдырлардың тәжірибелі ластанған суларында (ауыр металдарқосылған сулары) 4 күн бойы өсіргеннен кейін сулардан шіріген иіс кетті,оттегі концентрациясы 10,4 мг/л дейін артты, отегіні биохимиялық пайдаланумөлшері - 5,6 мг О 2 /л дейін төмендеген, қышқылдылығы 3,1 мг О 2 /л, аммиак,нитриттер мен нитраттар балдырмен толық игерілді, мыс және кадмий иондарыанықталмады.Осылайша, алынған нәтижелерге сәйкес, модельді қалдық суларындамикробалдырлар консорциумын дақылдау олардың физикалық қасиеттеріне оңәсер етіп, ағын суларын ауыр металл иондарынан тазалауға себеп болды.Бұл мәліметтерді келесідей түсіндіруге болады: лабораториялықтәжірибеде модельді ағын суларды тазалауда жасалған микробалдырларконсорциумы ауыр металдарға қатысты ғана емес, одан басқа физико-химиялық көрсеткіштермен қатар оны биоремидиационды эффектісі барбиопрепарат алудың негізі ретінде ұсынуға болатынын көрсетті.(Кесте 2).

Кесте 2 – **Микробалдырлардың аралас дақылдарын дақылдауға дейінгі және оданкейінгі ағын суларының физикалық қасиеттері мен химиялық құрамдары**

Көрсеткіш	Микробалдырлардыдақылдауға дейін	Микробалдырларды дақылдаудан кейін	Тазалау %
1	2	3	4
Температура 0 С	23-28	24-28	-
Иісі, балл	5	0	100%
pH	7,0-7.8	8-9	-
БПК5, мгО2 /л	62,2	5.6	91%
Қышқылдығы, мгО2/л	16,6	3.1	3.1
Қосылған заттар, мг/л	18	4.7	73,8%
Аммиак, мг/л	13,7	-	100%
Нитриттер, мг/л	0,4	-	100%
Нитраттар, мг/л	0,8	-	100%
Фосфаттар, мг/л	4,46	-	100%
Мыс, мг/л	100	-	100%
Кадмий, мг/л	50	0.8	98,4%
Мырыш, мг/л	100	-	100%

ҚОРЫТЫНДЫ

Көптеген тұрмыстық, өндірістік және ауылшаруашылық ағынды сулары ешқандай тазартусыз ашық су қоймаларына ағызылып жіберілуде. Соңғы жылдары, балдырлардың биогенді элементтердің концентрациясына байланысты дамуын биоиндикатор ретінде қолданып,ортаның ластану деңгейін анықтауда қолданады. Ауыр металл иондарымен ластанған су экожүйелерін тазарту мақсатында табиғи субстраттардан микробалдырлардың белсенді штаммдарын бөліп алу жолдарын қарастыру бұл мәселенің алғышарты болып табылады.

1. Жүргізілген жұмыстың бірінші деңгейінде микробиологиялық және альгологиялық стандартты әдістермен жинақ дақылдан 6 альгологиялық тазадақыл алынды. Олар: цианобактерия түрлерінен - Synechococcus aeruginosus,Synechocystis sp., микробалдырлардан - Chlorella vulgaris Beij., Chlorella sp.,Scenedesmus quadricauda Turp., Scenedesmus obliquus Turp.

2. Бактериологиялық таза дақыл алу нәтижесіде 6 альгологиялық тазадақылдан 2 бактериологиялық таза дақыл алынды. Олар: Chlorella sp.Б-21,Chlorella sp.Б-1.

3. Алынған микробалдырлар штамдарының (Chlorella sp.Б-21, Chlorellasp.Б-1) және коллекциялық жабайы Chlamydomonas reinhardtii CC-124 және мутантты Chlamydomonas reinhardtii CC-124 Res-1 штамдар клеткаларынкадмий және мыс иондарын сорбциялау қабілеттілігін зерттеу нәтижесібойынша: Chlorella sp.Б-21, Chlorella sp.Б-1, және мутантты штаммChlamydomonas reinhardtii CC-124 Res-1-ның клеткалары ауыр металлиондарын сорбциялауы Chlamydomonas reinhardtii CC-124 қарағандасалыстырмалы түрде жоғары екені анықталды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Исидоров В.А. Введение в химическую экотоксикологию. Санкт-Петербург: Химиздат, 2005. –142 с.

[2] Войнар А.И. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М.: Высш. школа, 2008. – 544 с.

[3] Криночкин Л.А., Тюленева В.М., Дубинчук В.Т. Формы концентрации токсичных элементов – важный фактор в оценке техногенного загрязнения //Разведка и охрана недр. 2005. № 6. -С. 28–32.

[4] Афонский С.И. Металлы в организме //Сб. науч. тр., т.9 /Московская ветеринарная академия. М.: 2001. – 3 с.

[5] Телитченко М.М. О возможности управления процессами самоочищения биологическими методами. // Теория и практика биологического очищения загрязненных вод. – М.: Наука, 1993. - С. 20 - 24.

[6] Nakamura H. Report on the present situation of the Microalgae Research institute of Japan //Reperts from the Microalgae research institute of Japan. – 2005. -Vol.2, №1. - P. 1 - 12.

Макыжанова А.Т., Шаугимбаева Н.Н., Каташева А.Ч.

Биологическая очистка водных систем от тяжелых металлов

Резюме. В статье рассматривается вода оз. Балхаш в Балхашском районе Алматинской области и использованы микроводоросли Chlorella sp.Т-2, Хлорелла sp. в-1 и коллекционный штамм Chlorella vulgaris Beiji, штамм пенмутанта Chlamydomonas reinhardtii CC-124 Res-1. В статье представлены результаты проведенных научно-исследовательских работ по биологической очистке водных систем от тяжелых металлов.

Ключевые слова: вода, тяжелые металлы, очистка.

УДК 665.71

R.Y. Bayamirova, A.R. Togasheva , A.T. Zholbassarova, M. Bissengaliev, G. Kunayeva, M. Kuliyev, S. Boribek
(Caspian State University of Technology and Engineering named after Sh. Yessenov[1], Atyrau University of Oil and Gas[2])
ryskol.bayamirova@yu.edu.kz

DESALINATION OF OIL CONDENSATE MIXTURE TAKING INTO ACCOUNT COMPLICATING FACTORS

Abstract. The article discusses three-stage and two-stage desalting of oils, shows desalting schemes, shows the calculations of the efficiency of three and two and one-stage desalting processes in the presence of demulsifiers from the Karachaganak field, and also determines the effect of demulsifiers on the desalting process. The most effective demulsifier is proxanol 305/50. The greatest depth of desalination is achieved with circulation of 15% of its own water at each stage.
Key words: desalting, demulsifier, oil emulsion, Karachaganak field.

Р.У. Баямирова, А.Р. Тогашева, А.Т. Жолбасарова, М. Бисенгалиев[2], Г.А. Кунаева, М.Ю. Кулиев, Ш.И. Бөрібек
(Каспийский государственный технологический и инженерный унивеситет имени Ш. Есенов[1], Атырауский университет нефти и газа[2])

ОБЕССОЛИВАНИЕ НЕФТЕКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ С УЧЕТОМ ОСЛОЖНЯЮЩИХ ФАКТОРОВ

Аннотация. В статье рассматривается трехступенчатое и двухступенчатое обессоливания нефтей, приведены схемы обессоливания, указаны расчеты эффективности процессов трех и двух и одноступенчатого обессоливания присутствии деэмульгаторов Карачаганакского месторождения также определено влияние деэмульгаторов на процесс обессоливания. Наиболее эффективным деэмульгатором является проксанол 305/50. Наибольшая глубина обессоливания достигается при циркуляции на каждой ступени 15 % собственной воды.
Ключевые слова: обессоливание, деэмульгатор, нефтяная эмульсия, Карачганакское месторождение

В настоящее время наиболее широко известны два механизма обессоливания нефтей, основывающиеся на том, что весь солевой потенциал сосредоточен в каплях пластовой соленой воды.

Согласно теории вытеснения [1, 2] выравнивание концентраций солей в каплях воды не является обязательным и даже при равновероятном удалении из смеси капель воды всех соленостей. При таком допущении решающее значение отводится числу ступеней обессоливания. По механизму идеального смешения [4] глубина обессоливания может быть рассчитана из содержания остаточной воды в нефти, а соленость самих капель в идеале одинакова.

Первая модель осуществима при условии равенства факторов осаждения пластовой воды - носителя солей и капель вводимой промывочной воды. Второй механизм требует длительного перемешивания системы, необходимого для коалесценции капель воды разной солености до полного (или заданного) выравнивания концентраций. [5].

Практически в процессе обессоливания присутствуют элементы обоих механизмов, в частности, первого – при электродеэмульсации в дегидраторе и второго при движении нефти с введенной промывочной водой в коммуникациях ЭЛОУ.

Методы

Учитывая изложенное, предлагается выполнять оценку эффективности работы обессоливающей ступени следующим образом:

Принимаем, что обессоливание происходит при взаимодействии всех капель дисперсионной системы, причем при отстое или электродегидрации все крупные капли покинут аппарат в виде дренажной воды.

Рассмотрим трехступенчатую схему установки обессоливания (рисунок 1). Используя закон сохранения массы, записывается уравнение для процесса обессоливания. Для первой ступени уравнение имеет вид

$$w_{вх1} \cdot C_{вх1} + w_{д2} \cdot C_{д2} = w'_{д1} \cdot C_{д1} + w_{вх2} \cdot C_{вх1}\ , \quad (1)$$

$$w_{вх1} + w_{д2} + w_{пр} = w'_{д1} + w_{вх2} \quad (2)$$

Аналогично, для второй и третьей ступеней запишется

$$w_{вх2} \cdot C_{вх2} + w_{д3} \cdot C_{д3} = w_{д2} \cdot C_{д2} + w'_{д2}.C_{д2} + w_{вх3} \cdot C_{вх}, \quad (3)$$

$$w_{вх2} + w_{д3} + w_{пр} = w'_{д1} + w_{д1} + w_{вх2}, \quad (4)$$

$$w_{вх3} \cdot C_{вх3} = w_{д3} \cdot C_{д3} = w'_{д3} \cdot C_{д3} + w_{вых} \cdot C_{вых}, \quad (5)$$

$$w_{вх3} + w_{пр} = w_{д3} = w'_{д3} + w_{вых}\ . \quad (6)$$

Здесь $w_{вх1}$, $w_{вх2}$, $w_{вх3}$ - количество воды в водонефтяной эмульсии на входе в 1-ю, во 2-ю и в 3-ю ступени, соответственно; $w_{пр}$ – количество подаваемой пресной воды; $w_{д2}$, $w_{д3}$ – количество дренажной воды, которая используется в качестве промывочной и подаваемой соответственно, в 1-ю и во 2-ю ступени;

$w'_{д1}$, $w'_{д2}$ и $w'_{д3}$ - количество сливаемой дренажной воды из 1-й, 2-й и 3-й ступени, соответственно; $w_{вых}$ – количество воды в водонефтяной эмульсии на выходе после 3-й ступени; $C_{вх1}$, $C_{вх2}$, $C_{вх3}$ – удельное количество солей на нефть на входе, соответственно, в 1-ю, 2-ю, и в 3-ю ступени; $C_{вых}$ – удельное количество солей на нефть на выходе из 3-ей ступени; $C_{д1}$, $C_{д2}$, $C_{д3}$ – удельное количество солей на нефть в дренажной воде.

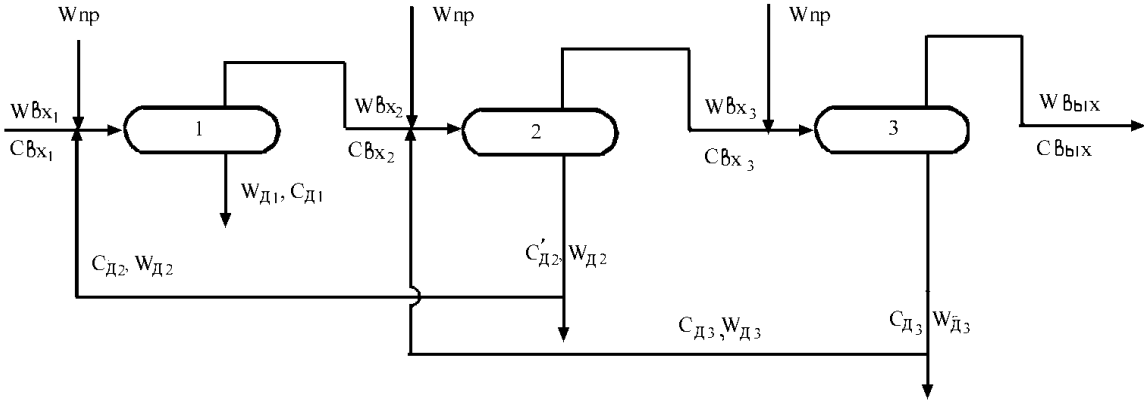


Рис. 1. Схема основных потоков блока подготовки нефти

Окончательные формулы для вычисления количества остаточной воды и удельное количество солей после каждой ступени, полученные с использованием уравнений (2) и (4)-(4.9) имеют вид

$$w_{вх2} = \left[w_{вх1} + \left(w + w_{пр}\right) \cdot к_1\right] \cdot \sigma\ , \quad (7)$$

$$w_{вх3} = \left[w_{вх2} + \left(w + w_{пр}\right) \cdot к_1\right] \cdot \sigma\ , \quad (8)$$

$$w_{вых} = \left[w_{вх3} + w \cdot к_1\right] \cdot \sigma\ , \quad (9)$$

где $к_1$ – доля образовавшихся капель воды

$$\sigma = \exp\left[-B\int_{j}^{t} S(t)dt\right], \qquad (10)$$

$$C_{вх3} = w_{вх1} \cdot C_{вх1} / A$$

где

$$A = \left[\frac{w_{вх1} + к_1\left(w + w_{пр}\right)}{w_{вх2}} - \frac{\alpha_1 \cdot к_1 \cdot w}{\alpha_1 w_{вх2} + \alpha_2\left(w + w_{пр}\right)}\right] \cdot$$

$$\cdot\left[w_{вх2} + к_1 \cdot w_{пр} + \frac{\alpha_2 \cdot к_1 \cdot w_{пр}}{\alpha_1 w_{вх3} + \alpha_2 w_{пр}}\right] -$$

$$- \frac{\alpha_2 \cdot к_1 \cdot w^2}{\alpha_1 w_{вх2} + \alpha_2\left(w + w_{пр}\right)} \cdot \frac{\alpha_2 \cdot \cdot w_{вх3}}{\alpha_1 w_{вх3} + \alpha_2 w_{пр}}$$

$$C_{вх2} = \frac{C_{вх3}}{w_{вх2}}\left[w_{вх2} + к_1 w_{пр} + \frac{к_1 \cdot \alpha_2 \cdot w \cdot w_{пр}}{\alpha_1 \cdot w_{вх3} + \alpha_2 \cdot w_{пр}}\right], \qquad (11)$$

$$C_{вых} = C_{вх3} \cdot w_{вх3} /\left(w_{вх3} + к_1 \cdot w_{пр}\right), \qquad (12)$$

где $к_2$ – доля образовавшихся крупных капель;

С помощью этих формул по различным входным параметрам были вычислены выходные параметры. Их значения приведены в таблице 1.

При вычислениях брались постоянными количество входящей пластовой воды ($w_{вх}$ = 0,5 %) и концентрация солей в пластовой воде ($C_{вх}$ = 500 мг/л). Параметр В был определен после обработки данных промышленных обессоливающих установок [3,6]. Из данных расчета следует, что кондиция товарной нефти по солям достигается при вводе в систему не менее 3 % пресной воды на каждую ступень и трехступенчатой схеме обессоливания.

Таблица 1. **Выходные параметры процесса трехступенчатого обессоливания нефти**

$w_{пр}$, % на нефть	$w_{д}$, % на нефть	$w_{вых}$, %	$C_{вых}$, мг/л	$C_{др}$,мг/л
1	2	0,19	141	5180
2	4	0,17	33	600
3	6	0,10	6,4	160

Рассматривается процесс обессоливания для случая, когда количество ступеней уменьшается до двух, но усложняется установка за счет изменения схемы подачи промывочной воды. Схема установки для этого случая приведена на рисунке 2.

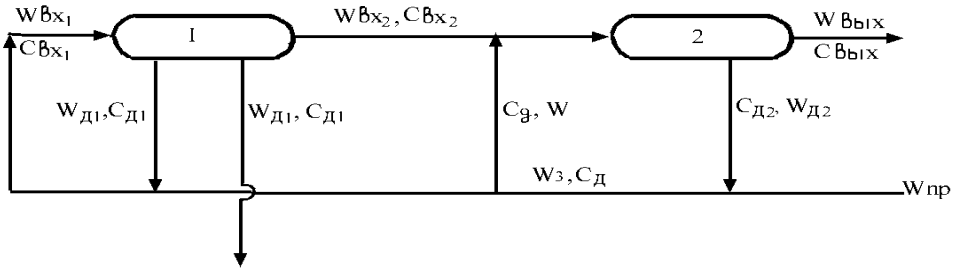


Рис. 2. Схема основных потоков ступени обессоливания

Записав уравнение материального баланса для каждой ступени, получим систему уравнений для i – го цикла

$$C_{вх1} \cdot w_{вх1} + C_{д1}^{i-1} \cdot w_{д1} + C_{д}^{i-1} \cdot w_3 = C_{вх2} \cdot w_{вх2} + C_{д1}^{i}\left(w_{д1} + w_{д1}^{1}\right) \qquad (13)$$

$$C_{вх2} \cdot w_{вх2} + C_{д}^{i-1} \cdot w + = C_{вых} \cdot w_{вых} + C_{д2}^{i} \cdot w_{д2}$$

Здесь $w_{д1}$ – количество дренажной воды 1-го аппарата возвращаемой обратно в 1-й аппарат; $w_{д2}$ – количество дренажной воды 2-го аппарата; w, w_3 – количество промывочной воды, подаваемой соответственно в 1-й и 2-й аппараты; $C_{д}^{i}$ - концентрация солей в воде образованной после смешения пресной и дренажной воды 2-го аппарата после i-го цикла.

Результаты и обсуждения

Расчеты по вышеприведенной методике показывают, что требуемое качество нефти может быть достигнуто при трехступенчатой ее обработке.

Обессоливание трех образцов нефтей после обезвоживания соответственно реапоном 4в, проксанолом 305/50 и дисолваном 4411 пресной водопроводной водой с содержанием хлоридов 9 мг/л дало соответственно 144 мг/л, 112 мг/л и 117 мг/л солей, что неприемлемо для показателей работы первой ступени обессоливания. Кроме того, обеспечить стабильность качества обезвоженной нефти по такой методике не представляется возможным, что исключает последующую возможность сравнения результатов экспериментов.

Для обеспечения возможности изучения влияния на обессоливание химреагентов и стабилизации качества обезвоженной нефти было принято решение обезвоженную нефть готовить искусственно на базе нефтекондетсатной смеси, модели пластовой воды и соответственно деэмульгатора. Условия приготовления модельной обезвоженной нефти были максимально приближены к реальным как по температуре, так и по дисперсному составу эмульгированной воды. При максимально достижимых оборотах мешалки 6000 об/мин. и 60 °С размер капель эмульгированной воды не превышал 2…4 мкм. Выбор содержания остаточной воды был основан на следующих положениях.

В технологическую схему ЭЛОУ на всех ступенях заложены электродегидраторы с нижним вводом сырья. По данным испытаний таких аппаратов даже при расходе через них сырья более 3 объема/час содержание остаточной воды не превышает 0,2 %, если вязкость нефтяной фазы при рабочей температуре не превышает 4…6 мм^2/с. Режим эмульгирования должен быть предельно интенсивным.

На первом этапе устанавливались общие возможности одно- и двухступенчатого обессоливания модели обезвоженной нефти для трех случаев: отсутствия реагентов, обезвоживания реапоном 4в и проксанолом 305/50.

Навеска «нефти» состояла из двух частей конденсата и одной части нефти, т.к. эта смесь показала наибольшую эмульгируемость. Если предполагается работать с деэмульгатором, то последний подается в базовую смесь за 16 часов до опытов в концентрированном виде и тщательно перемешивается.

Далее, при рабочей температуре 60 °С и максимальных оборотах в навеске эмульгируется 0,5 % модели пластовой воды, обороты снижаются до 3000 об/мин. и вводится промывочная вода заданного типа и количества.

Обороты снижаются до 1500 об/мин. и осуществляется смешение нефти с водой в течение 300 с. Эмульсия ставится на 2-х часовой отстой, замеряется количество отстоявшейся воды и промежуточного слоя, определяется содержание солей в обессоленной нефти. Такова методика одноступенчатого обессоливания.

Поскольку в схеме процесса заложено обессоливание в две ступени лабораторными экспериментами предусмотрен и этот вариант.

В этом случае обессоленная в одну ступень нефть после отделения воды и промежуточного слоя вновь переливается в мешалку и подвергается повторной промывке той же промывной водой, что и на первой ступени обработки. Промежуточные результаты в этом случае не анализируются.

Результаты одно- и двухступенчатого обессоливания базовой нефтегазоконденсатной смеси месторождения Карачаганак без применения деэмульгаторов приведены в таблице 2, из которой следует:

- одноступенчатое обессоливание нефти позволяет добиться получения требуемых кондиций обессоленной нефти (10 мг/л) даже при полном отсутствии остаточной воды в последней. Результаты опыта №1 не могут быть приняты за основу, т.к. отсутствует какой-либо технологический запас по качеству обессоленной нефти. Обессоливание нефти в две ступени успешно решает эту задачу при промывке ее циркулирующей водой в количестве 15 %;

- наихудшие результаты, независимо от числа ступеней, получаются при промывке пресной водой в количестве 5 %;

- при разрушении эмульсии отмечается весьма существенные количества промежуточных слоев, что может быть вызвано либо отсутствием в системе деэмульгатора, либо чисто термическим методом разрушения эмульсии.

Качество второй ступени на чисто пресной воде, как и прежде, наихудшее. Следует отметить, что на выход промежуточного слоя первой обессоливающей ступени присутствие деэмульгатора не отразилось, следовательно, здесь роль играет неполнота разрушения эмульсии при термическом отстое, что легко устранимо применением в процессе электрополей.

В завершение этой серии экспериментов было целесообразно выявить влияние на процесс обессоливания не только присутствия, но и типа применяемого реагента деэмульгатора. С этой целью в качестве последнего был применен реапон 4в, показавший наихудшие результаты при обезвоживании базовой смеси нефти с конденсатом. Эти данные приводятся в таблицах 3, 4.

Можно отметить, что по содержанию солей в нефти после 1 ступени обессоливания результаты этого эксперимента промежуточны между опытами без деэмульгатора и применения проксанола 305/50. Что же касается результатов двухзвенного процесса, то они, однозначно, наихудшие во всей этой серии.

Таким образом, можно констатировать, что тип деэмульгатора существенно влияет на процесс подготовки нефти в целом. Деэмульгатор должен подбираться с учетом как показателей обезвоживания, так и обеих обессоливающих ступеней. Для представленных образцов нефти и конденсата удовлетворительные результаты показывает проксанол 305/50.

Были проведены исследования по условиям обессоливания с учетом осложняющих факторов, к которым относится образование мелкодисперсных стабилизированных капель пластовой воды. Результаты исследования «старения» эмульсий показаны в таблице 4.5.

Таблица 2. **Обессоливание базовой нефтеконденсатной смеси месторождения Карачаганак без деэмульгаторов**

1 – я ступень					2 – я ступень				
Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л	Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содер-жание солей в нефти, мг/л
		воды	пром слоя				воды	промслоя	
15	В1	12,5	1,5	9,7	-	-	-	-	-
15	В2	13,0	2,0	20,0	-	-	-	-	-
15	В3	3,0	0,5	23,2	-	-	-	-	-
15	В1	13,0	2,0		15	В1	14,0	-	4,0
15	В2	13,0	2,0		15	В2	13,0	1,0	4,0
5	В3	4,0	1,0		5	В3	4,0	1,0	7,2

Таблица 3. **Обессоливание базовой нефтеконденсатной смеси месторождения Карачаганак с применением проксанола 305/50**

1 – я ступень					2 – я ступень				
Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л	Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содер-жание солей в нефти, мг/л
		воды	пром слоя				воды	промслоя	
15	В1	13,0	2,0	12,2	-	-	-	-	-
15	В2	14,0	1,0	11,0	-	-	-	-	-
15	В3	2,0	3,0	9,4	-	-	-	-	-
15	В1	13,5	2,0		15	В1	14,0	отс	3,0
15	В2	14,0	1,0		15	В2	14,0	отс	3,3
5	В3	2,5	2,5		5	В3	3,0	0,8	8,8

Таблица 4. **Обессоливание базовой нефтеконденсатной смеси месторождения Карачаганак с применением реапона 4в**

1 – я ступень					2 – я ступень				
Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л	Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л
		воды	промслоя				воды	промслоя	
15	В1	13,0	2,0	15,0	-	-	-	-	-
15	В2	12,0	3,0	15,4	-	-	-	-	-
15	В3	2,0	3,0	16,0	-	-	-	-	-
15	В1	13,0	2,0	-	15	В1	15,0	отс	4,0
15	В2	12,0	3,0	-	15	В2	14,0	2,0	8,8
5	В3	2,0	2,0	-	15	В3	3,0	2,0	9,2

Таблица 5. **Обессоливание нефти месторождения Карачаганак с добавкой 50 мг/л ингибитора ПАФ-13А в 1 % водном растворе**

1 – я ступень					2 – я ступень				
Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л	Кол-во промывной воды, %	Тип воды	Выделение за 2 ч, %		Содержание солей в нефти, мг/л
		воды	промслоя				воды	промслоя	
15	В1	15,5	отс.	13,9	-	-	-	-	-
15	В2	15,0	отс.	19,0		-	-	-	-
5	В3	5,0	отс.	15,5	-	-	-	-	-
15	В1	15,0	отс.	-	15	В1	15,0	отс.	8,7
15	В2	15,0	отс.	-	15	В2	14,0	отс.	6,7
5	В3	5,0	отс.	-	5	В3	3,0	отс.	9,5

Заключение

Подводя итог, можно сказать, что:

- для обеспечения кондиции по обессоливанию нефти с некоторым технологическим запасом качества необходимо применять двухступенчатое обессоливание;

- наибольшая глубина обессоливания достигается при циркуляции на каждой ступени 15 % собственной воды. Ввод в систему пресной воды и балансовое количество оборотной воды между 2 и 1 ступенями обессоливания в этом случае не превышает 5 %;

- ввод оптимального типа реагента-деэмульгатора в количестве не более 50 мг/л является обязательным как из соображений полноты процесса обезвоживания, так и с точки зрения показателей обессоливания.

- учитывая, что значительная часть солей КНГКМ находится в трудноизвлекаемой форме, температура процесса должна быть не ниже 70…75 ºС;

- необходимая полнота разделения эмульсии требует применения интенсифицирующих факторов. Наиболее простым и эффективным является электрическое поле. Дополнительным фактором интенсификации обессоливания может служить добавка к промывочной воде ингибитора солеотложения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гумеров А.Г., Карамышев В.Г., Тогашева А.Р., Бекбаулиева А.А. Подготовка нефти в процессах обезвоживания и обессоливания // Проблемы сбора, подготовки нефти и нефтепродуктов. Транстэк.- 2006.- С.7-12.

[2] Тронов В.П. Промысловая подготовка нефти. М.: Недра, 1977, 271 с.

[3] Зарипов А.Г., Фаттахов К.Н., Чурин В.Н., Позднышев Г.Н., Пелевин Л.А. Пути совершенствования блочного оборудования для подготовки нефти // Сбор, подготовка и транспорт нефти и воды. Труды ВНИИСПТнефть, 1976.- С.21-26.

[4] Логинов В.И. Обезвоживание и обессоливание нефтей. М.: // Химия, 1979, 216 с.

[5] Логинов В.И. Теоретические основы и оптимизация процессов обезвоживания и обессоливания нефти / Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: 1984, 44 с.

[6] Мансуров Р.И., Выговской В.П., Ильясова Е.З. Формирование межфазных пленок водонефтяных эмульсий в электрическом поле // Эксплуатация нефтепромыслового оборудования и трубопроводов. Труды ИПТЭР.- 1993.- С.38-43.

Баямирова Р.У.,Тогашева А.Р.,Жолбасарова А.Т., Бисенгалиев М., Кунаева Г.А., Кулиев М.Ю., Бөрібек Ш.И.

Қиындататын факторларды ескере отырып, мұнай конденсаты қоспасын тұзсыздандыру

Түйіндеме. Мақалада мұнайды үш сатылы және екі кезеңдік тұзсыздандыру қарастырылған, тұзсыздандыру схемалары көрсетілген, Қарашығанақ кен орнынан демульгаторлар болған кезде үш, екі және бір сатылы тұзсыздандыру процестерінің тиімділігі туралы есептер көрсетілген, сонымен қатар тұзсыздандыру процесіне демульгаторлардың әсері анықталған. Ең тиімді демульгатор - проканол 305/50. Тұщыландырудың ең үлкен тереңдігіне әрбір сатыда өз суының 15% айналу арқылы қол жеткізіледі.

Түйінді сөздер: тұзсыздандыру, демульгатор, мұнай эмульсиясы, Қарашығанақ кен орны

УДК 28.29.59, 654.05

M.A. Alimova, D.M. Zhexebay, M.K. Ibraimov
(al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: alimova.madina@kaznu.kz)

ESTIMATING THE QUALITY OF SPATIAL ELECTROMAGNETIC NOISE

Abstract. The paper discusses the characteristics of noise signals generated by active means to protect information. The dynamical systems described by logistic mappings are presented. A block diagram of entropy calculation using MATLAB Simulink and ISE Xilinx was developed.

Key words: electromagnetic noise, entropy, ADC, FPGA.

Introduction

Protection of information of limited access from leakage through the channel of side electromagnetic radiation is solved by organizational or technical measures, with the use of passive or active means of protection. Passive protection methods include shielding, grounding, decoupling and filtration, and active methods include the use of spatial electromagnetic noise systems and simulation (masking) interference. At the same time, it is not always possible to apply these methods of protecting information. In such cases, as a rule, means of generating noise interference are used.

However, noisy informative signals can be filtered and in case of poor-quality masking and restored. In this regard, an important problem arises associated with assessing the quality of the noise signal generated by active protection means [1].

The main characteristics of noise signals include [2-5]:

- a range of generated noise frequencies;
- a noise power spectral density;
- a suppression ratio;
- a protective attitude;

- a structure of noise (entropy quality factor of noise, entropy of the probability distribution density of instantaneous values of noise amplitudes, entropy power of real noise);
- a type of emitted interference (noise, impulse, synchronous, coded, broadband, deterministic, etc.);
- a level of generated noise;
- an average power;
- a spectrum of the noise signal;
- a probability density distribution.

Also, to assess the quality of noise, it is assumed that it is possible to use graphic and statistical methods (tests).

Graphical tests can be very effective in identifying significant deficiencies in the generated masking noise signals (sequences). To use it as a tool for assessing the quality of masking noise signals, it will be necessary to obtain a certain amount of the most detailed spectrum of masking noise signals (in graphical form) emitted by noise generators, which will be interpreted as some sequences. From these graphs it will be possible to evaluate the uniformity of the spectrum distribution of masking noise signals. With their assistance used to quickly identify noise generators whose results do not meet criteria. For more accurate results, statistical tests are used that give a numerical characterization of the sequence [6].

The existing assessment methods are not optimal enough due to the required large resource and processing time [7-10]. There are also State standards and normative documents, which point out the need to ensure the protection of information from leakage and to evaluate the masking signal [11-13].

Results and discussion

Non-standard hardware solutions for the implementation of quality assessment can be obtained using programmable logic device (FPGA) [14, 15], which allow designing digital devices using high-level hardware description languages. In contrast to conventional digital microcircuits, the logic of FPGA operation is not determined during manufacture, but is set through programming. For programming, a programmer and IDE (debugging environment) are used, which allow you to specify the desired structure of a digital device in the form of a circuit diagram.

Information entropy has become an indispensable tool for assessing the quality of complex real systems. Information entropy – a measure of the uncertainty of the state of a certain physical system – is naturally measured by the amount of information, i.e. a decrease in the entropy of this system after receiving information about it. Entropy is calculated by the formula:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 p(i) \quad (1)$$

To explore, the realized well-known dynamical systems described by nonlinear differential equations, or, mappings, were given (Figure 1).

The logistic mapping implementation was built in the MATLAB Simulink software package. A schematic model of the device for calculating the entropy according to formula (1) was assembled using the ISE Xilinx System Generator, where the signal realized from 1000 points was taken as p. The ISE Xilinx System Generator provides implementation of FPGA algorithms developed in MATLAB and Simulink through code generation. This tool provides a high-level view of a device, abstracted from a specific hardware platform that is automatically compiled into an FPGA.

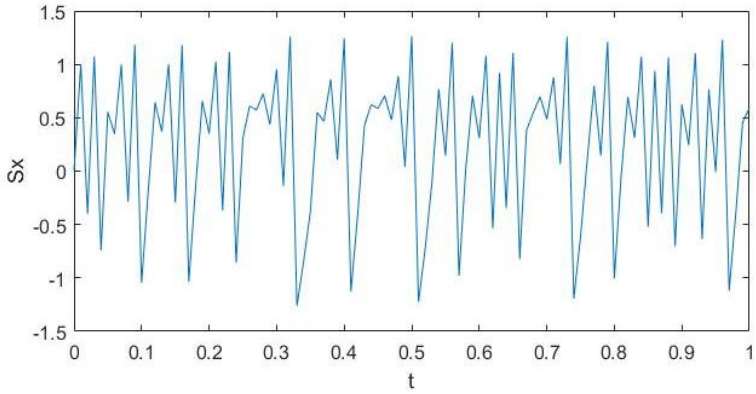


Figure 1. Logistic mapping signal graph

To convert the analog harmonic signal into a digital signal, an ADC (analog-to-digital converter) block of the Artix 7 programmable logic device of the Nexys 4 debug board with parallel data computation was used (Figure 2).

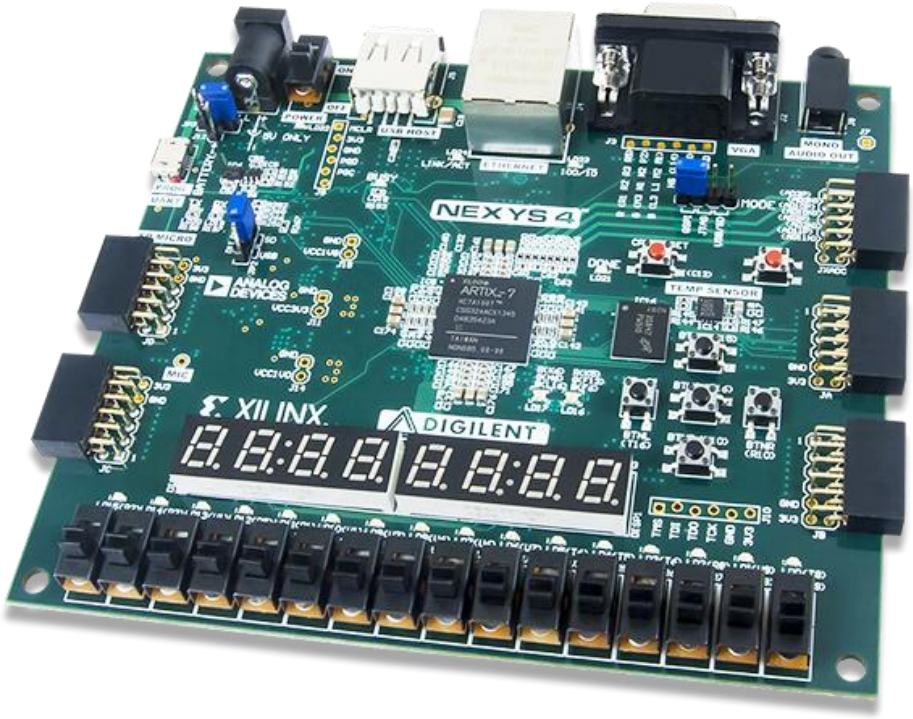


Figure 2. Artix 7 programmable logic device

The schematic diagram (RTL diagram) of the main block of the program (Figure 3) consists of ADC blocks (XADCdemo), a device for calculating the entropy (untitle2012_cw), a number converter (fixed-point to decimal) (ss), a frequency divider (freq).

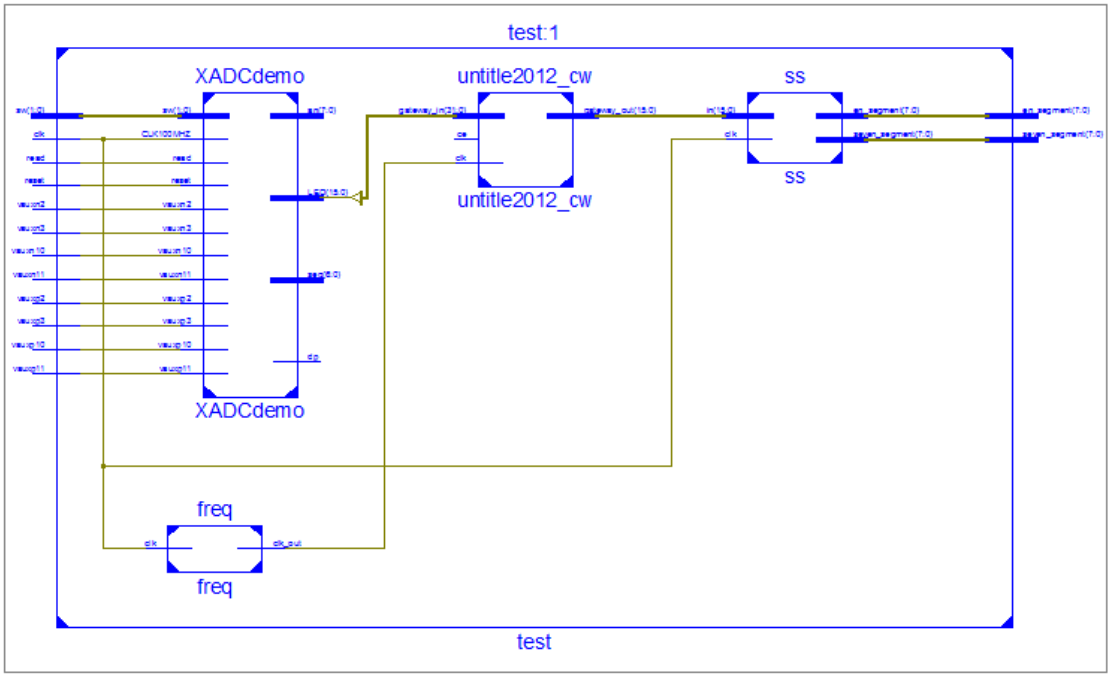


Figure 3. RTL diagram of the main block of the program

Accordingly, the amount of resources spent for this algorithm on the Artix 7 FPGA is minimal and can process a large amount of information at one time.

Conclusion

Nonlinear dynamic systems and dynamic variables of systems are considered as objects of measurement, as well as Shannon's entropy as an effective tool for assessing the quality of a noisy signal.

As a result of research, a modified schematic model for evaluating the signal quality through entropy analysis has been developed.

BIBLIOGRAPHY

[1] Gavrilov I. Methodology for assessing the quality of masking noise // Proceedings of SPIIRAS. – 2015. – 6(43). – P. 179 – 190.

[2] Horev A. Methods of protecting objects of informatization from information leakage through technical channels: spatial electromagnetic noise // Special equipment. – M.: 2012. – № 6 – C. 37-57.

[3] Pashuk M., Panychev S., Surovcev S. A universal indicator for evaluating the effectiveness of masking and simulated radio interference. [Electronic resource] – http://www.ntcreb.ru/article13.html

[4] ST RK 34.021-2006 Information protection. Technical means of information protection. Spatial noise generators. General technical requirements.

[5] RF patent No. 2111527, IPC H04B17 / 00. Device for monitoring the parameters of the masking noise signal generator / Zheleznyak V., Komarov V., Tarakanov M.; applicant and patentee Zheleznyak V., Komarov V., Tarakanov M. – No. 93014951/07; declared 03/22/1993; publ. 05/20/1998. - 7 p.

[6] Nikolaenko M., Ivanitskiy A., Grebennik O. Review of graphical methods of statistical analysis of generators of pseudorandom sequences. // International scientific and practical journal "Theory and practice of modern science". Main section, №2(8), 2016.

[7] Karpov A., Lepeskin O. Modeling of technical channels of information leakage at distributed control objects. DOI:10.12731/2227-930X-2018-1-69-83

[8] Artamoshin S. Protection of information from leakage through the channel of spurious electromagnetic radiation // Legal Informatics. – 2016. – № 3. – P. 4-12.

[9] Pashuk M., Panychev S., Surovcev S. A universal indicator for evaluating the effectiveness of masking and simulated radio interference. [Electronic resource] – http://www.ntcreb.ru/article13.html

[10] RF patent No. 2346390, IPC H04B1 / 69. Method for assessing the quality of masking frequency-modulated noise interference / Tupota V., Gerasimenko V., Bortnikov A., Burmin V., Samsonov A., Petigin A.; applicant and patentee Federal State Institution State Research and Testing Institute for the Problems of Technical Information Protection of the Federal Service for Technical and Export Control. - No. 2007127237/09; declared 07.16.2007; publ. 02/10/2009, Bul. No. 4. - 6 p.

[11] ST RK 34.013-2002 Information technology. Protection of information from leakage along the channel of spurious electromagnetic radiation and interference during its processing on computer equipment. General technical requirements.

[12] ST RK 34.021-2006 Information protection. Technical means of information protection. Spatial noise generators. General technical requirements.

[13] E. Kozhagulov, M. Ibraimov, S. Khokhlov, E. Sagidolda, D. Zheksebai. Generators of dynamic chaos on programmable logic integrated circuits // Bulletin of KazNU, physical series. No. 2 (49). 2014.

[14] R. Ghayoula, E. Hajlaoui, T. Korkobi, M. Traii, H. Trabelsi. FPGA Implementation of RSA // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2008. – Vol. 2, No. 8. – P. 848 – 852.

[15] K. Nakano, K. Kawakami, K. Shigemoto. RSA encryption and decryption using the redundant number system on the FPGA, in: Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, Washington, DC, USA, 2009, pp. 1–8.

Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.

Кеңістіктік электромагнитті шуылдың сапасын бағалау

Түйіндеме. Жұмыста ақпаратты қорғаудың белсенді құралдарымен пайда болатын шуыл сигналдарының сипаттамалары талқыланады. Логистикалық бейнелеумен сипатталған м динамикалық жүйелер ұсынылған. MATLAB Simulink және ISE Xilinx программалары көмегімен энтропияны есептеудің құрылымдық сұлбасы құрылды.

Түйін сөздер: электромагниттік шуыл, энтропия, АЦТ, FPGA.

Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.

Оценка качества пространственного электромагнитного зашумления

Резюме. В работе рассматриваются характеристики шумовых сигналов, генерируемых активными средствами для защиты информации. Представлены известные динамические системы, описываемые логистическими отображениями. Разработана структурная схема расчета энтропии на MATLAB Simulink и ISE Xilinx.

Ключевые слова: электромагнитное зашумление, энтропия, АЦП, ПЛИС.

UDC 625.42

Ye. Sultankulov, A. Nurlanbek, Zh. Kaliyev, A. Toigozhinova
(Kazakh Academy of transport and communication named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: erbol.sultankulov@gmail.com, a.nurlanbek@kazatk.kz)

TEMPORARY MODEL OF THE METRO LINE IN CASE OF FAILURES

Abstract. In conditions of heavy traffic with limited resources for overtaking, there are abnormal situations that lead to deviations from the planned schedule. In addition, when operating a large complex system, there are failures of technical equipment and other incidents that lead to traffic failures. The temporary model of the metro line is intended for the development and research of algorithms for operational control of train traffic, allowing organizing the movement of trains along the line in the presence of failures on it and restoring traffic according to the planned schedule after eliminating the causes of failures.

Key words: metro, temporary model, metro line, metro train, control system

1. INTRODUCTION

The metro is the most comfortable and high-speed type of passenger transport in a modern large city. The work of the metro is carried out in stressful conditions, which is primarily due to the large volume of passenger traffic. In conditions of heavy traffic with limited resources for overtaking, there are abnormal situations that lead to deviations from the planned schedule. In addition, when operating a large complex system, there are failures of technical equipment and other incidents that lead to traffic failures. During such emergency situations, the task of the train dispatcher is to organize the movement of trains on serviceable sections of the metro line and, after eliminating the causes of failures, restore traffic, according to the planned schedule. In this situation, the dispatcher is the person who makes the decision to manage the movement of trains, the complexity of which is the need to quickly and correctly organize the movement on the line in an emergency. In these conditions, it is relevant to develop an automated system for operational dispatching control in case of failures of metro trains, which works on the basis of algorithms for managing the metro line, allowing you to quickly manage train traffic in the event of a failure on the metro line and restore traffic according to the planned schedule after eliminating the cause of the failure.

2.1 Consideration of control restrictions in the temporary model.

An effective way to improve the quality of management is to take into account changes in control restrictions from the state of the system. The first and second time and adjustment characteristics of the line spans are known [1].

The first time characteristic is the dependence of the minimum interval for the departure of the $(n + l)^{th}$ train from the jth station on the travel time of the forward (n^{th} train) on the stage and the length of the nth train at $(j + 1)^{th}$ station:

$$T_{И\,min}[n+1] = f\{T_{xj}[n], T_{c(j+1)}[n]\} \quad (1)$$

An example of such a characteristic is illustrated in Fig. 1. for the "First line" section of the First line of the Almaty underground. From this characteristic, for a given interval for departure from the jth station $(n + 1)^{th}$ train $T_{Ioj}.^{min}\,[n+1]$ it can be determined the range of variation of travel times nth and $(n+1)^{th}$ trains and the permissible range of changes in the duration of the parking at the $j + 1)^{th}$ station, in which the trains move according to the permissible signals Interval Train Control System (ITCS) [1]..

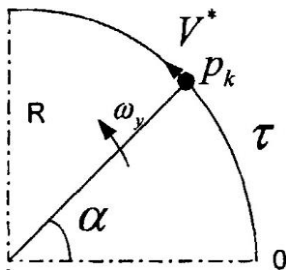


Figure 1. Conditional train speed

The second time characteristic is the dependence of the interval for the departure of the $(n+1)^{th}$ train from the jth station on the allowable the speed on the jth stage and the duration of the nth train on $(j + l)^{th}$ stations:

$$T_{ioj}.^{min}[n+1] = \varphi\{T_{add\ j}, T_{cj}[n+1]\} \quad (2)$$

This characteristic is taken into account in case of violation of operating conditions, for instance, during the repair work of the track, safety system devices and other malfunctions, temporary speed limits are introduced, which can lead to an increase in the minimum train departure interval [1].

Regulatory characteristic is the dependence of the minimum permissible running time of the $(n + 1)^{th}$ train along the jth stage $T_{xj}^{\min доп}[n+1]$ from the interval for the departure of this train, the running time of the train ahead and its duration at the $(j + 1)^{th}$ station:

$$T_{xj}^{\min доп}[n+1] = f\{T_{xj}[n], T_{IO(j+1)}[n], T_{c(j+1)}[n]\} \quad (3)$$

By the minimum running time of the nth train on the $(j + 1)^{th}$ railroad haul, it can be meant such a minimum running time for which, with the known running time of the front-running train, the rear-running train can still realize movement on "green signals". In essence, the difference between the planned (graphic) travel time and the minimum acceptable determines the available surge resource [1].

During calculation of the resource for the temporary model, it is necessary to consider the limitation on the Interval Train Control System (ITCS) in accordance with the first time characteristic [1]. Currently, used train safety systems on the underground, prevent trains from approaching a dangerous distance. At stations with track development, reception routes protect station tracks, and therefore, when the traffic light is opened, the station rail chains are not occupied. Due to absence of track development at the station the dangerous approach of trains is prevented by an automatic speed control system which, depends on the number of free rail circuits in the direction of the train and delivers a frequency to each rail circuit that is able to determine the maximum speed of the train in a given section, or an automatic locking system [1].

The limitations imposed by the interval regulation system define the minimum interval of movement at which all trains follow the green lights of traffic lights. In the event that there is no auto-driving system on the underground, the implementation of an unparallel traffic schedule is available only for highly qualified drivers that is highly experienced in managing the train on underground line. It follows that under these conditions, the resource of traffic control is associated with a change in the duration of the parking lot. The minimum follow-up interval, as a rule, is determined by the approach zone to the station [1]. From here, for a given travel time and train trajectory, which sets the speed of the train approaching the station, can be evaluated the time from the limiting point to the station by means of simulation model [1].

Consequently, it can be asserted about the minimum interval of train traffic upon arrival of $T_{i\,j}^{min}$ for the railroad haul as:

$$T_{i\,j}^{min} = T_{lim\ j}^{*} + T_{\text{осв}\,j} + 5\ second \quad (4)$$

where $T_{i\,j}^{min}$ is the travel time from the limiting rail chain to the limit rail of the station, $T_{lim\ j}^{*}$ is the time required to free the station platform, during which the train will follow the terminal rail of the station with the last car, 5 sec is optional time. On a temporary model $T_{i\,j}^{min}$ corresponds to the point T_{j}^{*}, which is postponed for the jth stage from the coordinate τ_{j+1} against the direction of train movement [1].

At the time of arrival of the ith train to the station $(j + 1)$, and in the considered model moment of crossing the conditional point τ_{j+1}, the parking of the ith train at the $(j + 1)^{th}$ station $T_{c(j+1)}[i]$ is determined as:

$$T_{c(j+1)}[i] = T_{c}^{min} + \Delta T_{c} \quad (5)$$

where T_{c}^{min} is the minimum parking time at the station, ΔT_{c} is the correction of the parking time. This value is limited from above by the duration of the stop at which the train running behind still follows the "green" signals of the interval control system. Then

$$\Delta T_{c} = p_{i+1} - T_{j}^{*} - T_{c}^{min} \quad (6)$$

where p_{i+1} is the position of the $(i + 1)^{th}$ train corresponds to the time model of the underground line [1].

When using auto-driving systems, it is also possible to change the running time of trains on the railroad haul. Then, each running time will correspond to a certain mode of conducting the train on the railroad haul, which means a certain dependence of speed on the path V (S). From this, the travel time from the limiting rail circuit to the station limit rail will also change. In this case, it is necessary to obtain the value of $T^*_{lim\ j}$ for each travel time from traction calculations. Furthermore, it is noted that the simultaneous change in both the travel time for the stage and the station parking allows expanding the range of variation V^* [1].

Hence, considering the first temporal characteristics of the underground line haul can be implemented by calculating the minimum interval of train running for different train operation modes [1].

According to formula (7), the amount of train stop at the station is directly proportional to the interval between trains, so for a constant travel time, it must be found the minimum interval between trains by the following formula:

$$T_{I\,min} = T_I - T_{\text{c}} + T_c^{min} \tag{7}$$

Where $T_{\text{и}}$ is the interval between trains, T_I is the length of stopping time of trains at the station.

2.2 Indicators of performance management of the underground line

To estimate the operation of the Automated System of Operational Dispatch Control algorithms (ASODC), it is proposed to use the quality indicators listed in [1]:

• the time entry into the schedule T_{ent}

• the number of stops based on the Interval Train Control System (ITCS) K signals; and new metrics for the control of the underground line, which allow to additionally evaluate the effect of managing the underground line when large faults occur on the line [2]:

• graph implementation coefficient:

$$K_{rpg} = \frac{K_p^f}{K_p^p} \tag{8}$$

where K_{p}^{f} the quantity of actual arrivals of trains at the station, K_p^{p} the quantity of scheduled arrivals of trains at the station

• coefficient of implementation of specified intervals on arrival:

$$K_{RZI}^p = \frac{T_{IP}^g}{T_{IP}^F} \tag{9}$$

where T_{IP}^{g} average scheduled interval between trains on arrival, T_{IP}^{F} average actual interval between trains on arrival.

• coefficient of implementation of specified intervals for departure

$$K_{RZI}^{\text{O}} = \frac{T_{I0}^g}{T_{I0}^F} \tag{10}$$

where T_{IO}^{g} average scheduled interval between trains on departure, T_{IO}^{F} average actual interval between trains on departure [3].

The applied quality indicators correspond to a meaningful statement of the problem, due to calculation, the arrival of trains at each station of the line is considered. The values of the entered indicators are affected by the number of unplanned turns at stations with track development, train stop times at station dead ends, times of unplanned train stops at stations, the presence of increased inter-train intervals and sections of the line that are closed to all trains. The experiments on the evaluation of various options for controlling the movement of trains concluded that the introduced new indicators are sensitive to changes in control algorithms [4].

2.3 Structure of the temporary model of the underground line.

The temporary model of the underground line consists of a database, submodels of train movement, submodels of accounting for the dependence of control restrictions on the state of the system, sub-models of Interval Train Control System (ITCS), sub-models of input disturbing influences, sub-models of setting control algorithms, sub-models of changing train motion parameters and sub-models of calculating quality indicators. The block diagram of the time model of the underground line is illustrated in Fig. 2.

The line database contains information about the planned schedule of trains, stations of the underground line, their route development, the dependence of control limitations on the state of the system [5].

A submodel of train movement realizes train movement in real or accelerated time.

The submodel of accounting for the dependence of control limitations on the state of the system is able to increase the safety of train control by reducing the number of stops on safety systems. The control restrictions contemplate by setting the range of changes in the motion parameters of the train for the driving time for the stage and the train stop time at the station depending on the current inter-train interval.

The submodel of Interval Train Control System (ITCS avoids the dangerous approach of trains on the railroad hauls.

The submodel of input of disturbing influences allows such as setting various disturbances on the underground line for studying control options in failures modes on the line. Setting the shift of the executed schedule relative to the planned one by a predetermined value for studying methods of restoring train movement relative to the planned schedule after small failures, and changing the order of trains respect to underground lines for exploring different options for managing the underground line when restoring traffic along a planned schedule after large crashes [6].

The submodel for setting control algorithms allows specifying various options for restoring movement according to a planned schedule after failures, or options for operational control when large failures occur.

The submodel for changing the parameters of the train's movement is intended to change the train's travel time on the stage and the train's stopping time at the station, as well as to change the conditional speeds of lead and lag [7].

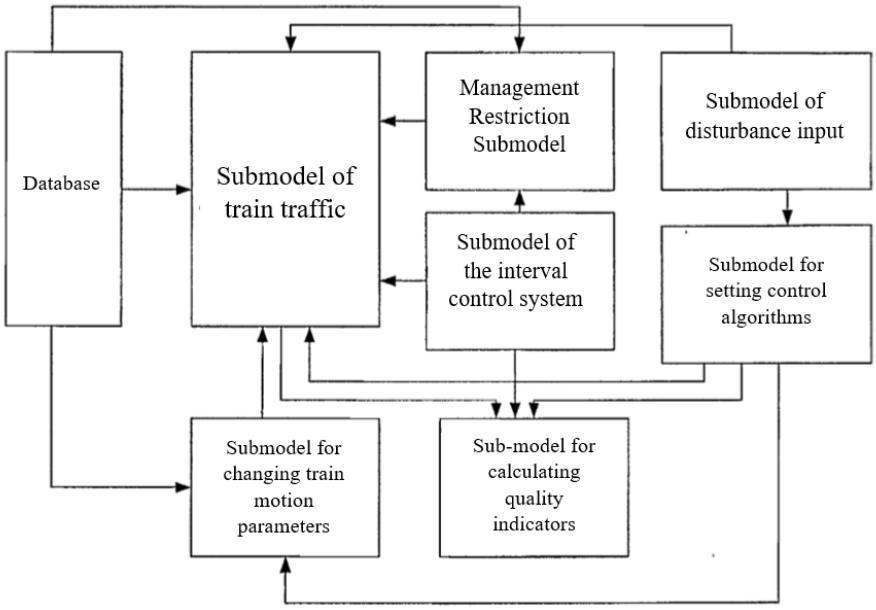


Figure 2. Structural scheme of the temporary model of the underground line

2.4 Causal relationships in case of emergency on the underground line.

It is possible to estimate causal relationships between malfunctions that occur on the underground line as basic events, and outcomes of situations as event peaks via apparatus of the Event Tree (Event Trees) [8]. The event tree is used to graphically represent a sequence of events. It begins with an initiating event, followed by one or more functional events and final states. Depending on the events, sequences may branch.

The tree of events at emergence on the line of emergency situations is resulted and represented in Figure 3 [9].

The basic event is the transition to one of the dangerous states Sl - malfunction of a track section, S2 - malfunction of power supply systems, S3 - malfunction of signaling systems, S4 - presence of people and (or) foreign objects on the underground way, S5 - malfunction of a train. As a result of the transition to one of these states, generating factors arise namely malfunction of a track section with the ability to move along it with a limited speed - (Q1), malfunction of a track section with the impossibility of further movement along it (Q2). Malfunction of power supply with the possibility of movement along a section with a limited speed (Q3), malfunction of power supply facilities with the impossibility of further movement in the section (Q4),

malfunction of signaling systems with the possibility of movement in the section with a limited speed (Q5). Availability on the ways of people and (or) foreign objects, if it is possible to carry out trains at a reduced speed, with particular vigilance (Q6), the presence of people and (or) foreign objects on the way when it is not possible to carry out trains (Q7). Train malfunction with the impossibility of further independent movement (Q8), train malfunction with the possibility of its further movement along the line with reduced speed to the point of temporary sludge or depot (Q9). The final stage of the event tree in case of emergencies are: A1 - movement along the line section with a limited speed and, as a result, a decrease in the throughput capacity of the subway line section. A2- closing the track section for the movement of all trains, A3 movement along the line of the faulty train, which does not lead to a change in pairing and order of trains along the line, A4 movement on the line of the faulty train, leading to a change in pairing and order of trains on the line [10].

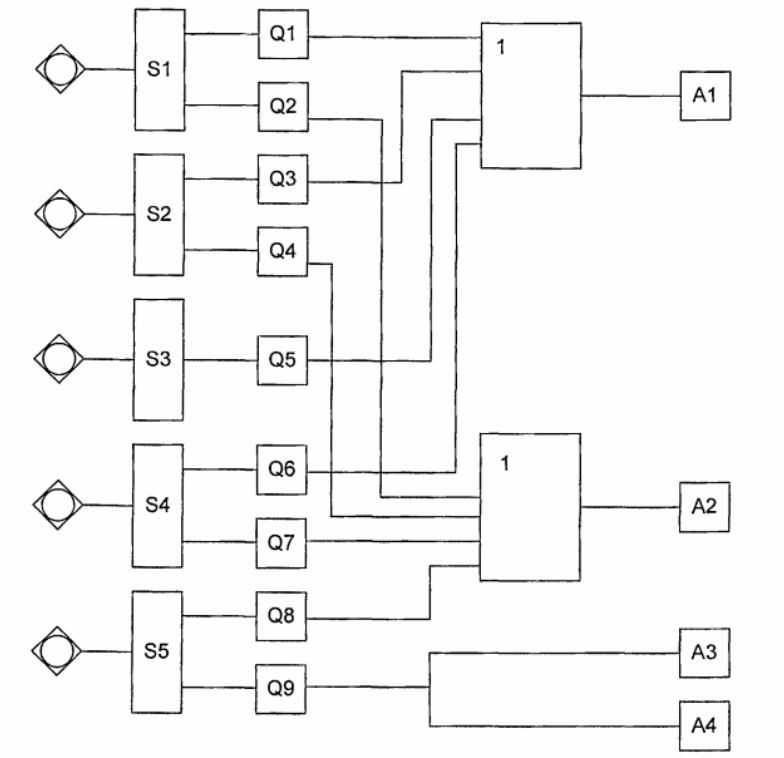


Figure 3. Event tree for emergencies on the underground line

3. DISCUSSION. The developed event tree in the event of emergencies on the underground line is able to classify and reduce the number of algorithms that provide parry failures for a certain set of malfunctions, leading to emergencies until four situations:

1. Operational control algorithm for the underground line when a faulty train moves along it, leading to a change in pairing and order of trains along the underground line;

2. Algorithm for the operational management of the underground line when a faulty train moves along it, which does not lead to a change in pairing and the order of trains on the underground line;

3. Algorithm for operational control of the underground line with the introduction of temporary speed limits on the track;

4. Algorithm for operational control of the subway line when closing a section of the track for the movement of all trains.

REFERENCES

[1] Sultankulov Ye., Kaliyev Zh., Temporary Model of the Underground Line // Materials of the V International Scientific-Practical Conference "The Europe and the Turkic World: Volume I – Ankara, Turkey 2020. – Pp. 419-426

[2] Baranov L., Balakina E., Vorobyova L., Algorithms for centralized, control of the movement of trains1 metro // World of Transport, 2007, No. 2. – Pp. 104-113.

[3] Baranov L., Balakina E., Erofeev E., Automation of the planning of the work of locomotive crews in the subway // Proceedings of the VII scientific-practical conference "Safety of train traffic". - M.: MIIT, 2006.- P. VII-3.

[4] Baranov L., Vorobyeva L., Balakina E. Interval and temporal characteristics of the metro line // Proceedings of the VII scientific-practical conference "Train safety". ". - M.: MIIT, 2006. - C.VII-2 - VII-3.

[5] Baranov L., Potential estimation of the interval of train running and traffic control // Vestnik MIIT. Vol. 17, - M.: MIIT, 2007, Pp. 3-14.

[6] Abramov V., Safety conditions, optimization and modeling of coordinate, rapprochement of trains: Metro // Bulletin of VNIIZHG, - M.: VNIIZHT. - W - 1992. - Pp. 3-8.

[7] Abramov V., Polotsky V., Baranov L., Moiseev A., Calculation of w optimization of the coordinate approach of metro trains // Vestnik VNIIZh Ga. - M.: VNIIZHT. - No. 6 - 1992. - Pp. 24-28.

[8] Sultankulov Ye., Kaliyev Zh., Automated dispatch control system for Almaty metro trains // Materials of the First Central Asian Forum "Safety in Railway Transport" October 24-25, 2019. Almaty, KazATK named after Tynyshpayev. Pp. 129-133.

[9] Sultankulov Ye., Nurlanbek A., Kaliyev Zh., Analysis of failed situations during the movement of trains on subway lines. // Materials of the IX International Scientific and Practical Conference - “Transport of Eurasia of the XXI Century: Modern Digital Technologies in the Market of Transport and Logistic Services” as part of the implementation of the state programs “Nurly Zhol” and “Digital Kazakhstan” on December 20-21, 2018. Almaty, KazATK named after Tynyshpayev. Pp. 31-35.

[10] Sultankulov Ye., The main problems and features of the operation of the subway auto-driving system in Almaty // Collection of scientific works of undergraduates 2017. Almaty, KazATK named after Tynyshpayev. Pp. 32-35.

Сұлтанқұлов Е. Қ., Нұрланбек А. Д., Калиев Ж. Ж., Тойгожинова А. Ж.

Ақаулар кезіндегі метрополитен желісінің уақытша моделі

Түйіндеме. Ресурстары шектеулі қарқынды қозғалыс жағдайында басып озуға жоспарланған кестеден ауытқуға алып келетін штаттан тыс жағдайлар туындайды. Бұдан басқа, үлкен күрделі жүйені пайдалану кезінде техникалық жабдықтың істен шығуы және көлік қозғалысының істен шығуына әкелетін басқа да оқиғалар туындайды.

Метрополитен желісінің уақытша моделі істен шығу себептері жойылғаннан кейін жоспарланған кесте бойынша поездардың қозғалысын қалпына келтіруге және поездар қозғалысын желі бойынша ұйымдастыруға мүмкіндік беретін поездар қозғалысын жедел басқару алгоритмдерін әзірлеуге және зерттеуге арналған.

Түйін сөздер: метро, уақытша модель, метро желісі, метро пойызы, басқару жүйесі.

Султанқулов Е. Қ., Нурланбек А. Д., Калиев Ж. Ж., Тойгожинова А. Ж.

Временная модель линии метрополитена при сбоях

Резюме. В условиях интенсивного движения с ограниченными ресурсами на обгон возникают нештатные ситуации, приводящие к отклонениям от запланированного графика. Кроме того, при эксплуатации большой сложной системы возникают отказы технического оборудования и другие инциденты, приводящие к сбоям движения транспорта. Временная модель линии метрополитена предназначена для разработки и исследования алгоритмов оперативного управления движением поездов, позволяющих организовать движение поездов по линии при наличии отказов на ней и восстановить движение поездов по запланированному графику после устранения причин отказов.

Ключевые слова: метро, временная модель, линия метро, поезд метро, система управления.

УДК 004.421, 004.912

D. Rakhimova, A. Turarbek, V. Karyukin, A.Karibaeva, A. Turganbaeva
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: turarbekasem@kaznu.kz)

REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES OF MACHINE TRANSLATION FOR THE KAZAKH LANGUAGE

Abstract. The article provides an overview of modern machine translation technologies. We consider the work of online translators used to translate into the Kazakh language and from the Kazakh language into other languages. Translation errors are determined and the general advantages and disadvantages of translators are introduced.

Key words. machine translation, machine translation technologies, Kazakh language, translation errors, morphological analysis.

Д. Рахимова А. , Тұрарбек, В. Карюкин, А. Карибаева, А. Тұрғанбаева

ҚАЗАҚ ТІЛІНЕ АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ МАШИНАЛЫҚ АУДАРМА ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА ШОЛУ

I. Кіріспе

«Қазақтың тілі – қазақтың жаны! Халқымыздың тарихы да, тағдыры да – тілінде. Мәдениеті мен әдебиеті де, діні мен діні де – тілінде», деп президентіміз Қ.Тоқаев айтып, қазақ тілінің мемлекетіміздің дамып, өркендеуіне, әлемдік дәрежеде танылуына қатысы бар екенін атап өткен.

Қазіргі әлем және біздің жақын болашағымыз машиналық оқытуға байланысты, өйткені күн сайын жаңа технологиялар көбеюде. Машиналық оқытудың міндеттерінің бірі – бір табиғи тілден екінші тілге аудару. Машиналық аударма адамдарға тілдердің әртүрлігіне қарамастан сөйлесуге мүмкіндік береді, өйткені бұл тілдік кедергіні бұзып, жаңа қарым-қатынас тілдерін ашады. Машиналық аударма – бұл техниканың жаңалығы, адамзат дамуындағы ерекше қадам. Аударманың бұл түрі сіздің сұхбаттасушының хатта не жазғанын немесе не айтқанын дереу түсіну қажет болған кезде көмектесе алады. Әрине, мұндай аударманың сапасы өте төмен, бірақ көп жағдайда басты мағынаны түсінуге болады. Толық мағынасы қажет болғанда не істеуге болады? Мұнда қолмен аударма көмекке келеді.

Әлемде әр түрлі қызмет салаларында қолданылатын арнайы тілдер бар, сол тілдердің көмегімен іскерлік келіссөздер жүргізіліп, ғылыми зерттеулер және тағы басқа әрекеттер жасалып жатыр. Қазір әлемде 6000-нан астам тіл бар, олардың үштен бірі дамып келе жатқан аймақтардың тілдері болып табылады, бұл жерде тілдік тосқауыл сыртқы нарыққа шығу үшін күрделі мәселе болып табылады. Машиналық аударма технологиясының заманауи дамуы қолданушыларға осы мәселені шешуге бір қадам жақындауға мүмкіндік берді. Машиналық аударманы пайдаланушы компанияның кез-келген қызметкері, инженер, заңгер, дәрігер, мұғалім, менеджер және басқалар бола алады, өйткені ол көп парақтық құжаттардың сапалы аудармасын қысқа мерзімде ала алады.

Біздің елде машиналық аударма 2009 жылдан бастап дами бастады. Қазақ тіліне машиналық аударманы алғашқылардың бірі болып У.А.Төкеев пен А.А.Шәріпбаев бастады. У.А.Төкеевтің машиналық аударма саласында ғылыми зерттеулермен белсенді айналысатын ғылыми мектеп құра алды. Отандық шәкірттерінің ғылыми зерттеулерінде Д.Р.Рахимованың жасаған орыс тілінен қазақ тіліне машиналық аударма алгоритмін, А.Ж.Картбаевтың жасаған морфологиялық сегментация әдісін қолдана отырып, ағылшынша-қазақша сөздерді туралаудың статистикалық моделін атап өтуге болады.

У.А.Төкеевтің ғылыми тобы 2009 жылдан бастап «Разработка математической модели и программного продукта компьютерного перевода казахского языка на английский (простые предложения)» жобасы нәтижесінде қазақ тілінен ағылшын тіліне жай сөйлемдер грамматикасының формальді модельдері және қазақ тілінен ағылшын тіліне машиналық аударма программасының алғашқы нұсқасы құрастырылды [1-2]. 2012-2014 жылдары «Разработка эффективных технологии компьютерного перевода казахского языка на английский и русский языки (и обратно) на основе методов формальных грамматик и статистических методов» жобасы нәтижесінде орыс, қазақ тілі сияқты морфологиялық күрделі табиғи тілдердің машиналық аударма үшін көпмағыналы бейнелеу әдісі құрастырылды [3-5]. 2015-2017 жылдары Аликанте Университетінің (Испания) профессоры М.Форкаданың ғылыми тобымен бірлесе отырып «Разработка свободной/открытой системы машинного перевода с казахского языка на английский и русский языки (и обратно) на базе платформы Apertium» жобасы нәтижесінде Apertium платформасының базасында қазақ тілінен ағылшын тіліне және орыс тіліне (және керісінше) грамматикалық ережелерге негізделген ашық аударма жүйесі жасалынды [6-9]. 2018 жылдан бастап «Разработка и исследование системы нейронного машинного перевода казахского языка» жобасы бойынша жұмыстар жүргізіліп жатыр. Дегенмен соңғы үш-төрт жылдағы машина аудармасының теориясы мен тәжірибесі едәуір өсті, машина аудармасының өте жоғары сапаны көрсететін жаңа бағыты жасалды. Бұл сәйкесінше өнеркәсіптік машиналық аудару сапасының стандартын жаңа биіктікке көтерді [10-13].

Мақаланың мақсаты – машиналық аударма технологияларына шолу жасау, осы технологияларды қазақ тілінде қолдану және аудармашы қосымшаларда машиналық аударма қателіктерін анықтау.

II. Әдістер.

Машиналық аударма дегеніміз – мәтінді (жазбаша және ауызша) арнайы компьютерлік бағдарламаның көмегімен бір табиғи тілден екінші тілге аудару үрдісі [14]. Алғашқы ЭЕМ пайда болуымен бірге мәтіндерді автоматты түрде аудару туралы айтыла бастады. Себебі, машиналық аударманы үлкен деректерді аудару қажет болған кезде және көптеген бағыттарда қолданады, оны автоматтандыру бұл күнделікті өмірде ғана емес, көптеген салалар үшін пайдалы болар еді.

Қазіргі уақытта машиналық аударманың үш технологиясы бар:

– аналитикалық машиналық аударма;

– статистикалық машиналық аударма;

– нейрондық машиналық аударма.

Аналитикалық машиналық аударма (RBMT, rule-based machine translation, ережеге негізделген машиналық аударма) [15] – машиналық аударманың алғашқы технологиясы. Бұл әдіс екі тілдегі аударма ережелерінің жиынтығын және лексикалық элементтер жиынтығын пайдаланады. Осы әдіс бойынша талдау келесі кезеңдерден өтеді:

1. Морфологиялық талдау ол сөздердің түрі, тегі және басқа морфологиялық сипаттамалары бойынша анықталады;
2. Жеке сөздерді топтарға біріктіру;
3. Сөйлемдердің синтаксистік талдауы, яғни сөйлем мүшелерін және олардың сөйлемдегі орнын анықтау;
4. Сөйлемдер синтезі – сөйлемдердің табылған бөліктерін және тәуелді сөздер тобын үйлестіру.

Бұл әдістің кемшіліктері артықшылықтарынан көп болып келеді. Өйткені, бұл процесс көп еңбек пен уақытты қажет етіп, лингвистикалық деректер қорын үнемі жаңартып отыруды және тіл мамандарын тартуды керек етеді. Сонымен бірге, аналитикалық аударма синтаксистік және морфологиялық дәлдікті, нәтиженің тұрақтылығын, пәндік аймаққа бейімделуді қамтамасыз етеді.

Статистикалық машиналық аударма (corpus-based machine translation, CBMT) – мәтіндік корпусқа негізделген машиналық аударма әдісі [15]. Әдістің негізі дайын ережелермен жұмыс істемейді, ол параллельді екі тілді мәтіндік корпустарға негізделген ережелерді құру болып табылады.

Байес теоремасына негізделген бұл технологияда аударманың барлық нұсқалары қарастырылады және олардың әрқайсысының ықтималдығы ескеріледі. Статистикалық аударма жүйесі әдетте үш компоненттен тұрады:

1. Аударма моделі дегеніміз – жүйеде барлық белгілі сөздер мен сөз тіркестерінің бір тілде болуы мүмкін аудармалар тізімін беретін және осы аудармалардың ықтималдығын көрсететін сөздік кесте;
2. Тілдің ықтималды моделі дегеніміз – мәтін аударылатын тіл туралы жүйенің білім көрінісі;
3. Декодер – тікелей аудармамен айналысатын аудармашының құрамдас бөлігі. Бастапқы мәтіннің әр сөйлемі үшін ол аударманың барлық нұсқаларын таңдайды, аударма моделінен сөз тіркестерді біріктіреді және оларды ықтималдылықтың азаю ретімен сұрыптайды.

Нейрондық аударма (нейрондық машиналық аударма, NMT) – бұл ең жаңа «тәсіл», ол басқа технологияларға қарағанда жоғары сапалы аударма береді. Технология жасанды нейрондық желілерді [16], дәлірек айтқанда, екі бағытты қайталанатын нейрондық желілерді қолдана отырып, белсенді аударма әдістеріне негізделеді. Нейрондық желінің негізгі мәселесі – бұл сапалы жүйені аудару үшін көп жағдайларды, кем дегенде 500 миллион токендерді пайдалану қажеттілігі және осындай жүйені оқыту үшін үлкен есептеу қуатын талап етуі. 2015-2016 жж. аралығанда осындай жүйелерді құрастырушылардың барлығы нейрондық аудармашылардың нұсқаларын бірінен соң бірі ұсына бастады. Сонымен, 2017 жылы Google және Яндекс нейрондық аудармаға біртіндеп көшу туралы жария етті. Сондай-ақ Linex сервер платформасында ішкі нейрондық аудармасы бар PROMT өнімдері және Windows Server үшін нейрондық аудармасы бар PROMT аударма сервері бар. Нейрондық желілердің артықшылықтары мен кемшіліктеріне келетін болсақ, олар көбінесе статистикалық жүйелерге ұқсас. Машиналық аударманың негізгі құралы ретінде нейрондық желілердің айқын болашағына қарамастан, қазіргі уақытта әртүрлі тақырыптардағы мәліметтердің тиісті мөлшерінің болмауы машиналық аударманы қолданудың барлық саласында нейрондық желілердің сөзсіз артықшылығы туралы айтуға мүмкіндік бермейді [17].

III. Нәтижелер.

Қазақ тілі – күрделі номинативті (морфологиялық және синтаксистік), полисинтетизмнің қатысуы бар агглютинативті жұрнақты тіл. Мемлекетіміздің жылдан жылға әлемдік деңгейде дамып, шетелдік байланыстардың артуына байланысты қазақ тіліне немесе қазақ тілінен басқа тілдерге аударуда әртүрлі аудармашы бағдарламалар кеңінен қолданылып келеді. Аудармашылар толық дұрыс аударуы әлі де мүмкін емес, аудару кезінде қателіктер болып отырады, дегенмен машиналық аударма саласы алдынғы жылдардан қарағанда әлде қайда дамыған.

Машиналық аударма қателіктерін талдау үшін ең танымал онлайн аудармашылар таңдалды. Орыс тілінен қазақ тіліне аударғанда әр түрлі қателіктер пайда болуы мүмкін, өйткені қазақ тілі басқа тілдерден ерекшеленеді, ол ерекше сипаттамаларға ие:

– лексикалық құрамның жақындығы;

– сингармонизм заңы;

– агглютинация - аффикстердің бірізді жалғануы;
– санаттың болмауы;
– көмекші сөздер (предлогтардың) болмауы;
– арнайы сөз тәртібі.

Машиналық аударма кезінде туындайтын қателіктерді анықтау үшін ең алдымен аудармашы бағадарламаларда қарапайым хабарлы сөйлемдерді аударып көрейік. Кесте 1 қазақ тілінен орыс тіліне аударылатын сөйлемдер мен аударма нәтижелері көрсетілген. Жалпы жасалған талдауда 8 аудармашы бағдарлама қарастырылған. Кесте 1 алғашқы 4 түрін қамтиды.

1-кесте. **Қазақ тілінен орыс тіліне машиналық аудама нәтижелері**

Аудармашылар	Google	Яндекс.Аудармашы	Tridentsoftware	prof-translate.ru
Мектепке мен ертен барамын Анам мен әпкем жолда тұр Жолда тұрған анам мен әпкем	Я иду в школу завтра Моя мама и сестра уже в пути Мои мама и сестра в пути	И завтра иду в школу Мама и сестра стоят на дороге Мама и сестра, стоявшая на дороге	И завтра иду в школу Мама и сестра стоят на дороге Мама и сестра, стоящие в строке	И завтра иду в школу И завтра с утра иду в школу Мама и сестра стоят на дороге Мама и сестра, стоящие в строке
Мектепке мен ертен барамын Мен мектепке ертен барамын Мен кеше мектепке бармадым Ол кеше мектепке бармады Ол қазір меткепте	Я иду в школу завтра Я иду в школу завтра Я вчера не ходила в школу Он вчера не ходил в школу Она сейчас в школе	Я иду в школу Я иду завтра в школу Я не ходил в школу Этот человек не пошел в школу О қазір мектепе Он сейчас в школе	И завтра иду в школу И завтра иду в школу И вчера я не ходил в школу Он вчера в школу не ходил Он сейчас в школе	И завтра иду в школу И завтра иду в школу И вчера я не ходил в школу Он вчера в школу не ходил Он сейчас в школе
Жолдан қасқырды көрдік Жолда ешкім болған жоқ Бұл айналым жолы Басқа жол болмады	Мы видели волка на дороге На дороге никого не было Это объезд Другого пути не было	С дороги видели волка Никто не остался на дороге Путь этот оборот Не было другого пути	Строки видели волка На дороге никого не было Путь этот оборот Другого пути не было	Строки видели волка На дороге никого не было Путь этот оборот Другого пути не было
Алматы Көктөбе Қарағанды Үштөбе Жадыра Айқүміс	Алматы Коктобе Караганда Не беспокойся Жадыра Серебряный	Г. Алматы Коктобе Г. Караганда Уштобе Жадыра Айкумис	Алматы Коктобе Караганда Уштобе Жадыра Айкумис	Алматы Коктобе Караганда Уштобе Жадыра Айкумис
Желіде кемшіліктер бар болған Артышылықтардың тізімі көрсетілген еді Биіктен аққан ақ сәуле Арналарымыздың түрілері шектеулі Қанаттарымыздың ұзындығы анықталмаған	Были проблемы с сетью Был предоставлен список преимуществ Белый свет течет сверху Типы наших каналов ограничены Длина наших крыльев неизвестна	Есть недостатки в сети Был показан список преимуществ Ао утечки излучения с высоты Ограниченные типы каналов Длина крыльев не определена	Недостатки есть в сети Список преимуществ было указано в Ао утечки излучения с высоты С Арналарымыздың түрілері Длина Қанаттарымыздың не установлена	Недостатки есть в сети Список указанных Артышылықтардың бы Ао утечки излучения с высоты С Арналарымыздың түрілері Длина Қанаттарымыздың не установлена

Енді қателіктерге сүйене отырып, қазақ тілінен орыс тіліне аударғанда аудармашылар қандай жағдайларда қателескенін анықтауға тырысамыз.

1) «Мен» дегенді білдіретін «Я» сөзінің қазақ тіліне аудармасы. Кейбір жағдайларда аудармашы оны «и» көмекші сөзі ретінде аударған. Әр түрлі нұсқада аударуға тырысып, оны сөз тіркестерде қолданамыз. Нәтижесінде олар аударма кезінде уақыт сөзінің тіркесімімен қате жіберілді деген тұжырымға келді. Мысалы, аудармашылар (2-7) *Мен бүгін бармадым*, ал *И сегодня бармадым*. Қалған аудармашылар аударманың басқа нұсқаларын аудара білді. Бұл жерде «бармадым» сөзіне назар аударамыз. Барлық аудармашылар *Мен бүгін* сөз тіркесін дұрыс аударады.

2) Полисемантикалық сөздерді аудару. «Жол» сөзінің қазақ тіліндегі аудармасы көп мағыналы сөз болып табылады және «Путь», «Дорога», «Строка» деп аударылады. Аудаманы дұрыс орындалмады (1,5,6,7,8). Аударманы тексеру үшін «Жол» сөзін жаңа тіркестермен толтыруға тырысамыз. Аударманың әртүрлі нұсқаларында «Путь» пен «Дорога» болып аударылды. Ең жақсы аударма (1,7,8). Көпше түрде аударуда көптеген қателіктер кездеседі.

3) Аудармадағы тегінің анықталмауы. Қазақ тілі сөйлемдерінде тегі (род) болмағандықтан, аудармашылар ол бойынша көбінесе әртүрлі қателіктер жібереді. «Ходить» сөзін қолдана отырып, тексеру жүргізейік. *Ол бармады - Она не ходила*. Барлық аудармашылар ер текті аударылған және барлығы (2,3,4,5,6,7) келесі түрде аударылған, яғни «в» көмекші сөзі қосылған. Текті анықтау үшін «күйеуіммен» сөзін қосамыз. Нәтижесінде (1)-ден басқа барлық аудармашылар дұрыс аудармады, *Он не ходил в куйеуімен*, дұрыс аударып, текті анықтағанда, *Она не пошла с мужем* болды.

4) Тиісті есімдерді аудару. Аудармашы қателері анықталды (1,5,8). *Айкүміс* есімі *Серебряный* деп аударылған. Ұқсас есімдер аударылды. *Үштөбе* қаласының атауы *Не беспокойся* деп аударылған. Қазақстандық аудармашылардың барлығы есімдерді дұрыс аударды.

5) Көпше түрдегі аударма. *Арналарымыздың* және *Қанаттарымыздының* сөздері қате аударылған. Аудармашылар аудара алмады (3,4,5,6,7). Бұл сөздердің көпше түріне байланысты екенін анықтау үшін, бұл сөздерді басқа жағдайларда аударуға тырысамыз. Нәтижесінде, көптеген аудармашыларда көптік жалғау қосқанда, аудармашылар аудара алмайтыны анықталды.

6) Әдеби мәтінді аударудағы қателер. *Биіктен аққан ақ сәуле* сөйлемін аудару кезінде тек аудармашылар (1,8) дұрыс аударған, қалған аудармалар *Ао утечки излучения с высоты* түрінде аударды. «Ақ» сөзі қате аударылды, қатені анықтау үшін оны әртүрлі сөйлемдер мен тіркестерде аударуға тырыстық.

Қазақ тілінен орыс тіліне және орыс тілінен қазақ тіліне аударғанда әртүрлі қателіктерді болдырмас үшін сөйлемдердің морфологиялық талдауына жүгіну керек. Морфологиялық талдау – бұл табиғи тілге байланысты әртүрлі тапсырмалардың бастапқы кезеңі, сондықтан оның нақты орындалуы үлкен мәнге ие. Морфологиялық талдау әдістерін 3 түрге бөлуге болады:

- аффикстер сөздігімен талдау;
- аффикстер мен негіздердің сөздігін пайдаланып талдау;
- сөздер жүйесінің сөздігін пайдаланып талдау.

Енді бір сөйлемнің морфологиялық талдауын жасайық. *Жолдан қасқырды көрдік.*

1. *Жолдан* – қайдан? Пысықтауыш, шығыс септік
2. *Қасқырды* – кімді? Толықтауыш, табыс септік
3. *Көрдік* – не істедік? Баяндауыш, түбір – көр, етістік, ді – жұрнақ, к – жіктік жағау, 1 жақ, көпше түр. Мұнда *біз* жасырын тұрған бастауыш, жіктеу есімдігі.

Аудару нәтижесінде *С дороги видели волка* және *Строки видели волка* деген аударма алдық, мұнда аудармашылардың қандай келіктер жасағаны көрініп тұр. Орысша-қазақша аударма үшін қолданылатын сөйлемдер мен аудармашылар бірдей тәртіпте қалды. Нәтижесінде аудармашыларда қателіктерді жіктеп анықтадық:

1) Сөздердің көпмағыналығы. Туыстық қатынастарды аударудағы қателер. «Сестра» сөзі қазақ тіліне «Әпке» немесе «Апа», ал «Сестренка» сөзі «Карындас» деп аударылған. Бірақ орыс тілінде «кіші қарындас» деген сөз жиі қолданылады, қазақша «Карындас» немесе «Сіңлі» болады. Аударманы тексергеннен кейін аудармашылардың барлығы қателіктермен ауаратыны байқалды, «Тесть» сөзін аудармашының 1 ғана дұрыс аударғаны анықталды.

2) Уақыт-мезгілге тәуелді сөздерді аудару. Мысалда «Тұру» сөзі аударылмаған, дұрыс нұсқасы - «Turcan». Салыстыру үшін «Стендтер» және «Шыбындар» сөздерін алып, оларды уақытында өзгертіңіз. Аудармашылар дұрыс аударылған (1,2,8).

3) Есімдіктері бар сөздер. «Не ходил», «Бармадым» немесе «Бармады».

4) Тиісті есімдер. Айкумис есімінің аудармасы, аудармашыларда өзгеріссіз қалды (1,2,5,7).

5) Басқа тілдерден алынған сөздер. «Проблема» сөзін аудару кезінде тек 1 аудармашы ғана аударды, қалғандары сөзді өзгеріссіз қалдырды.

6) Сөйлемдерді жазу тәртібін сақтамау. Бұл жағдайда сөздер дұрыс аударылған, бірақ дұрыс орналастырылмаған, нәтижесінде жалпы мағынасы жоғалады.

Аудармашылардың жұмысын тексерудегі келесі қадамында үлкен көлемді ғылыми және публицистикалық мәтіндерді аудару болды, оны Кесте 2 көруге болады. Барлық 8 аудармашыға қазақ тілінен орыс және ағылшын тілдеріне, сондай-ақ орыс және ағылшын тілдерінен қазақ тіліне аудармалар жасалды.

2-кесте. **Яндекс аудармашы**

Жанр	Мәтін	қаз. – орыс	қаз. – ағыл.
Ғылыми	Бүгінгі Алматы қаласының геологиялық кезең бойынша ертедегі палеозой дәуірен бергі үштік кезең яғни меозой дәуірінен бергі 60 000 000 жыл бұрын планетадағы Тетис теңізінің түбі болғаны геологилық мәліметтерден белгілі. Оған дәлел Памир тауларының биік шыңдарында балықтардың сүйек қаңқалары табылып жатқандығы бір дәлел болса, екінші дәлел өзіміздің кәдімгі Каратаудың жоталарында әлі зерттелмей жатқан түрлі моллюскалардың миллиондаған қалдықтары дәлел іспеттес.	По геологическим данным, на сегодняшний день на планете было дно Тетисского моря-60 000 000 лет назад, начиная с древней палеозойской эпохи. Об этом свидетельствует тот факт, что на возвышенных вершинах Памирских гор находят костные скелеты рыб, второй доказательством тому является миллионы останков различных моллюсков, еще не исследуемых на хребтах нашего обычного Каратау.	According to geological data, today the planet had the bottom of the Tethys sea-60,000,000 years ago, starting from the ancient Paleozoic era. This is evidenced by the fact that on the high peaks of the Pamir mountains, fish skeletons are found, and the proof of this is the millions of remains of various mollusks that have not yet been studied on the ridges of our usual Karatau.
Публицистикалық	Қазақстанда коронавирустан тағы 4 адам қайтыс болды. Өлім нәтижелерін зерттеу жөніндегі комиссия бұл жағдайларды коронавирустық инфекциядан қайтыс болған деп тіркеуге шешім қабылдады.	В Казахстане умерло еще 4 человека от коронавируса. Комиссия по исследованию результатов смерти приняла решение зарегистрировать эти случаи как умершие от коронавирусной инфекции.	In Kazakhstan, 4 more people died from coronavirus. The death investigation Commission decided to register these cases as having died from a coronavirus infection.

Аудармашы бағдарламалардың өзіндік артықшылықтары мен кемшіліктері бар, 3-кестеде көрсетілген. Олардың әрқайсысының жұмысын талдау арқылы қазақ тілінен немесе қазақ тіліне аударғанда мүмкін болатын қателерді анықтай алдық.

3-кесте. **Аудармашылар жұмысының салыстырмалы сипаттамасы**

№	Аудармашылар	Кемшіліктері	Артықшылықтары
1	Google аудармашы	Үлкен сөйлемдерде кейбір сәйкессіздік бар, бірақ көп жағдайда ол өте аз.	Күрделі ғылыми мәтіндердің жақсы және сапалы аудармасы, кішігірім сәйкестік мәселелері
2	Яндекс аудармашы	Үлкен мәтіндерді аудару кезінде сөйлемдердің бөліктері үзіліп, аударылмайды	Өте үлкен сөйлемдерді, күрделі ғылыми мәтіндердің сапалы аударады
3	Tridentsoftware	Үлкен сөйлемдерде кейбір сәйкессіздік бар	Қысқа сөйлемдер мен сөздер үшін жақсы аударма нәтижелері.

4	Prof-translate	Аударма кезінде сөйлемдердің бір бөлігі қабылданбайды, ұзақ сөйлемдерді үйлестіруде қиындықтар байқалады	Қысқа сөйлемдер мен сөз тіркестер үшін жақсы аударма нәтижелері.
5	sozdik.kz	Үлкен ғылыми мәтіндердің аудармасы жақсы нәтиже бермейді	Сөздер мен қысқа сөйлемдер үшін жақсы аударма нәтижелері.
6	translate.zakon.kz	Үлкен сөйлемдерде кейбір сәйкессіздік бар	Қысқа сөйлемдер мен сөздер үшін жақсы аударма нәтижелері.
7	elim.kz	Аударма кезінде сөйлемдердің бір бөлігі қабылданбайды	Сөздер мен қысқа сөйлемдер үшін жақсы аударма нәтижелері.
8	Promt	Үлкен ғылыми мәтіндерді аударуда өте жақсы нәтиже бермейді, көптеген сөйлемдер келісілмейді	Журналистік стильдегі қысқа сөйлемдердің жақсы аударма нәтижелерін көрсетеді

IV. Қорытынды

Тіл білу дәстүрлі түрде білімді адамдардың ерекшелігі болды. Бүгінгі таңда машиналық оқытудың озық технологиялары мен жоғары сапалы деректердің үйлесімінің арқасында автоматты аударма нәтижесі алынады, көп жағдайда адамның жасаған аудармасынан сапасы төмен емес. Машиналық аударма жақын арада қолмен аударманы алмастыра алмайды, өйткені бұл жасанды интеллект технологияларын қажет етеді, олардың ақыл-ой белсенділігі адамға тең болуы керек. Егер адамдар сөзді басқаша жаза бастаса, жүйе мұны жаңа мәтін енген бойда көреді. Аударма сапасын жақсарту мақсатында жүйе үнемі жаңартылып отырады және тексерулер жүргізіледі, бұл аудармашылардың жұмысын айтарлықтай жеңілдетеді және жеделдетеді. Машиналық аударманың артықшылығы – мәтіннің негізгі идеясын қысқа уақытта ұзақ қолмен аударуды талап ететін аудармасыз түсіну. Жасанды интеллект адам немесе одан жақсы аудара алатындай дамуға жеткенде, машиналық аударма қолмен қарағанда жақсы деп айтуға болады.

Алғыс

Бұл жұмыс AR08052421 жобасы аясында, ҚР Білім және ғылым министрлігінің қолдауымен жүзеге асырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Zhumanov Zh.M., Tukeyev U.A**.** Development of machine translation software logical model (translation from Kazakh into English language). Reports of the Third Congress of the World Mathematical Society of Turkic Countries, Volume 1 (June 30 – July 4, 2009) / Edited by Academician Bakhytzhan T. Zhumagulov. – Almaty: Қазақ университеті, 2009. – 356-363 p.

[2] Tukeyev U., Zhumanov Zh., Rakhimova D. Features of development for natural language processing. In book "ICT – from theory to practice" edited by M.Milosz. Polish Information Processing Society, Lublin, 2010, 149-174 pp.

[3] Tukeyev U., Rakhimova D. Augmented attribute grammar in meaning of natural languages sentences. The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, and the 13th International Symposium on Advanced Intelligent Systems, SCIS-ISIS2012, Kobe, Japan on November 20-24, 2012, 1080-1085 pp. (Индекс Скопус)

[4] Тукеев У.А., Рахимова Д.Р., Байсылбаева К., Умирбеков Н., Оразов Б., Абақан М., Кызырканова С., Көпмағыналық бейнелеу кесте тәсілі негізінде орыс тілінен қазақ тіліне машиналық аудармасының морфологиялық анализбен синтезін құру. түркі тілдерін компьютерлік өңдеу. Бірінші халықаралық конференция: Еңбектері/ Астана: Л.Н.Гумилев атындағы ЕҰУ баспасы, 2013, 182-191.

[5] Тукеев У.А. Разработка технологии машинного перевода на основе метода многозначных отображений для морфологически сложных языков. Труды 4-ой Международной научно-практической конференции «Информатизация общества», Астана, 2014, стр. 130-132.

[6] Tukeyev, U., Miłosz, M., Zhumanov, Zh. Finite-State Transducers with Multivalued Mappings for Processing of Rich Inflectional Languages. // Lecture Notes in Computer science. New trends in intelligent information and database systems (Vol. 598, pp. 271-280). Springer. 2015. (Индексировано в WoS, Scopus)

[7] Tukeyev, U., Automaton models of the morphology analysis and the completeness of the endings of the kazakh language. Proceedings of the international conference "Turkic languages processing" TURKLANG-2015 September 17–19, Kazan, Tatarstan, Russia, 2015. pp. 91-100

[8] Tukeyev U.A., Rakhimova D.R., Zhumanov Zh.M., Kartbayev A.Zh. Single state transducer model for Kazakh and Russian morphology // KazNU BULLETIN, Mathematics, Mechanics, Computer Science Series. – Алматы, «Қазақ университеті». – 2016. – №2 (89). – P. 110-117.

[9] Tukeyev U., Sundetova A., Abduali B., Akhmadiyeva Zh., Zhanbussunov N. Inferring of the morphological chunk transfer rules on the base of complete set of Kazakh endings // Lecture Notes of Artificial Intelligence (LNAI) vol.

9876, Computational Collective Intelligence, Part 2, Springer, 2016, pp.563-574 (Индексировано в WoS, Scopus)

[10] Tomas Mikolov, Wen-tau Yih, and Geoffrey Zweig. Linguistic Regularities in Continuous Space Word Representations. The Association for Computational Linguistics. In HLTNAACL, p. 746–751(2013).

[11] Nal Kalchbrenner, Phil Blunsom. Recurrent Continuous Translation Models. Proceedings of the 2013 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Seattle, Washington, USA, p. 1700–1709(2013)

[12] Mikel L. Forcado and Ramon P. Neco Recursive Hetero-Associative Memories for Translation. International Work-Conference on Artificial and Natural Neural Networks, IWANN'97 Lanzarote, Canary Islands, Spain, p. 453-462(1997).

[13] Ilya Sutskever, Oriol Vinyals, Quoc V. Le Sequence to Sequence Learning with Neural Networks. arXiv:1409.3215v3 [cs.CL](2014).

[14] https://ru.wikipedia.org/

[15] How does Neural Machine Translation work? | SYSTRAN Blog: [Электронный ресурс]. 2016. URL: http://blog.systransoft.com/how-does-neural-machine-translation-work/

[16] eMpTy Pages: A Deep Dive into SYSTRAN's Neural Machine Translation (NMT) Technology: [Электронный ресурс]. 2016. URL: https://kv-emptypages.blogspot.ru/2016/09/a-deep-dive-into-systrans-neural.html

[17] Колганов Д.С., Данилов Е.А. Обзор аналитической, статистической и нейронной технологий машинного перевода // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум» URL:<ahref= "http://scienceforum.ru/2018/article/2018009616">http://scienceforum.ru/2018/article/2018009616 (дата обращения: 20.05.2020).</p>

Рахимова Д., Турарбек А., Карюкин В., Карибаева А., Турганбаева А.

Обзор современных технологий машинного перевода для казахского языка

Резюме. В статье рассматриваются технологии машинного перевода, применение этих технологий для казахского языка, определение возможных ошибок машинного перевода, а недостатки и преимущества переводчиков.

Ключевые слова: машинный перевод, технологии машинного перевода, казахский язык, ошибки перевода, морфологический анализ.

УДК 004.8

N.S. Zhumakhan

(Almaty University of Power Engineering and Telecommunications Republic of Kazakhstan, Almaty
E-mail: nazym.sembekkyzy@gmail.com)

EYE BLINK DETECTION WITH OPENCV, PYTHON AND DLIB

Annotation. The article shows that the application of a real-time algorithm using the OpenCV and dlib libraries to determine eye blinking through facial landmarks is one of the most effective methods and is suitable for beginners in face recognition. When determining the level of eye openness, the results are sufficiently evaluated and the results are reflected in the article. Thus, the proposed algorithm evaluates the state of landmarks and obtains one scalar – the fundus ratio (EAR), which characterizes the detection of the source. Ultimately, the SVM classifier will identify eye blinking as an example of EAR values in a short time window.

Key words: eye blink detection, dlib, OpenCV, face recognition, algorithm, Python.

Н.С. Жұмахан

(Алматы энергетика және байланыс университеті, Қазақстан, Алматы
E-mail: nazym.sembekkyzy@gmail.com)

OPENCV, PYTHON ЖӘНЕ DLIB КӨМЕГІМЕН БЕТ БАҒДАРЛАРЫ АРҚЫЛЫ КӨЗДІҢ ЖЫПЫЛЫҚТАУЫН АНЫҚТАУ

Аңдатпа. Мақалада бет-әлпет бағдарлары арқылы көздің жыпылықтауын анықтауда OpenCV және dlib кітапханалары көмегімен нақты уақыт алгоритмін қолдану – тиімді тәсілдердің бірі және бет-әлпетті тану бойынша жаңадан үйренушілер үшін қолайлы екендігі көрсетіледі. Көздің ашылу деңгейін анықтауда жеткілікті түрде бағаланып, анықталған нәтижесі мақалада көрсетіледі. Осылайша, ұсынылған алгоритм бағдарлардың жағдайын бағалайды, бір скалярлық шаманы – көздің табылуын сипаттайтын көз түбінің коэффициентін (EAR) алады. Соңында, SVM классификаторы көздің жыпылықтауын қысқа уақыт терезесінде EAR мәндерінің үлгісі ретінде анықтайтын болады.

Түйін сөздер: көздің жыпылықтауын анықтау, dlib, OpenCV, бет-әлпетті тану, алгоритм, Python.

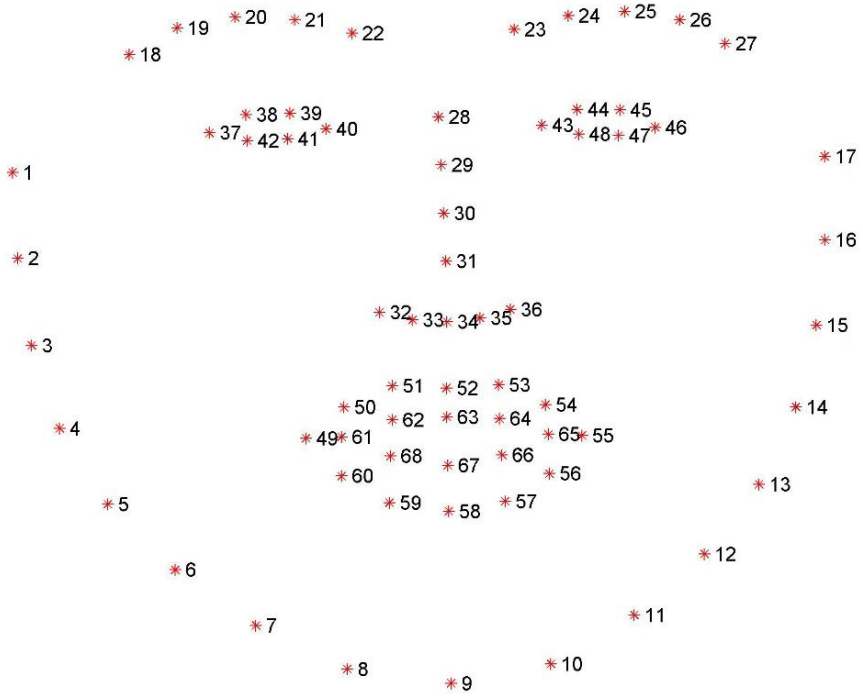
Кіріспе. Адамның бет-әлпетін тану процесін формализациялау және автоматтандыру мәселесі үлгіні тану жүйесін дамытудың алғашқы кезеңдерінде және осы уақытқа дейін өзекті болып қала береді. Алайда, соңғы он жыл ішінде осы тақырыптағы ғылыми зерттеулер мен жарияланымдардың саны бірнеше есе өсті, бұл бұл мәселенің өзектілігін арттырғанын көрсетеді. Бұл қазіргі заманғы компьютерлік технологиялар оны әр түрлі салаларда қолдануға жаңа мүмкіндіктер ашатындығына байланысты және олардың тез шешілуін талап ететін көптеген қолданбалы проблемалар туындады.

Dlib – бұл нақты мәселелерді шешу үшін C ++ - де күрделі бағдарламалық жасақтаманы құруға арналған машиналық оқыту алгоритмдері мен құралдары бар C ++ құралдарының заманауи жиынтығы. Ол өнеркәсіпте де, академияда да робототехника, кіріктірілген құрылғылар, ұялы телефондар және жоғары өнімді есептеу орталарын қоса алғанда, көптеген салаларда қолданылады. Dlib ашық бастапқы лицензиялау оны кез-келген қосымшада тегін пайдалануға мүмкіндік береді.

Әдетте кейбір комбинацияны қамтитын жыпылықтауды есептеу үшін нақты уақыт кезінің дәстүрлі сурет өңдеу әдістерінен айырмашылығы:

- көзді локализациялау;
- көздің ақтарын табу үшін шекті баға;
- көздің «ақ» аймағы біраз уақытқа жоғалып кететінін анықтау (жыпылықтауды анықтау).

Зерттеу әдістері мен нысандары. Dlib ішінде іске асырылған бет-бағдар детекторы белгілі бір тұлға құрылымдарына сәйкес келетін 68 (x, y) координаталарын береді. Бұл 68 нүктелік салыстыру iBUG 300-W белгіленген деректер жиынтығында форманы болжаушыны оқыту арқылы алынды. 1-суретте осы 68 координаталардың орналасуы көрсетілген:

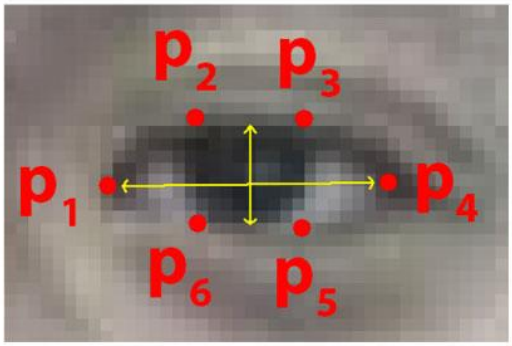


1-сурет. IBUG 300-Вт мәліметтер базасындағы 68 бет координаттарының әрқайсысын визуализациялау

Суретті зерттей отырып, біз Python қарапайым индекстеу арқылы бет аймақтарына қол жеткізуге болатындығын көреміз (Python көмегімен нөлдік индекстеу жағдайында, өйткені жоғарыдағы суретте бір индекс бар).

- Ауызды анықтауда нүкте арқылы қол жеткізуге болады (48-68).
- оң қасты анықтау (17-22).
- сол жақ қасты анықтау (22-27).
- Оң көзді анықтау (36-42).
- Сол жақ көзді анықтау (42-48).
- Мұрынды анықтайтын нүктелер (27-35).
- жақ пен беттің шекарасын анықтайтын нүктелер (0-17).

Нәтижелер мен оларды талқылау. Әр көз 6(x, y) -координаттармен, көздің сол жақ бұрышынан бастап (адамға қараған сияқты), содан кейін қалған аймақтың айналасында сағат тілімен қозғалады. Осы координаттар арқылы көздің жыпылықтауын анықтай алатын боламыз (2-сурет):



2-сурет. Көздің 6 бет бағдары

Нақты уақыттағы көздің жыпылықтауын анықтауда кейін көздің арақатынасы (EAR) деп аталатын теңдеу қолданылады. Оны 3-суреттен көруге болады.

$$\mathrm{EAR} = \frac{\|p_2 - p_6\| + \|p_3 - p_5\|}{2\|p_1 - p_4\|}$$

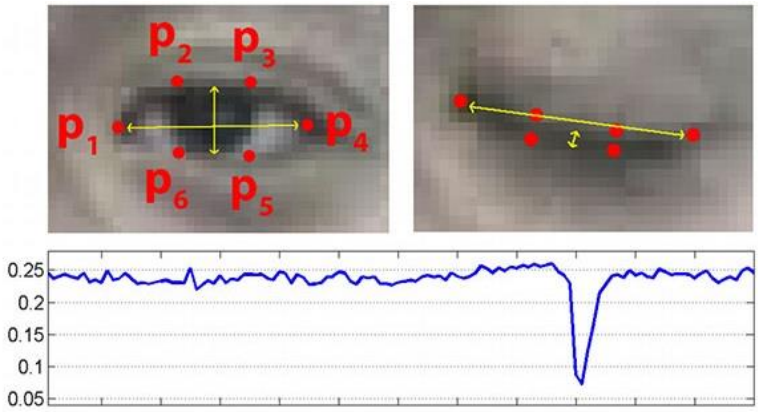
3-сурет. Көз аймағының арақатынасының теңдеуі

Мұндағы p1, …, p6 – бұлар суретте бейнеленген 2D бағдарланған орындар болып есептеледі.

EAR негізінен көз ашылған кезде және көз жабылған кезде нөлге жақындағанда үнемі болады. Ашық көздің арақатынасы жеке адамдар арасында аздап дисперсияға ие және кескінді біркелкі масштабтауға және беттің жазықтықта айналуына толығымен инвариантты. Көздің жыпылықтауы екі көзбен синхронды түрде орындалатындықтан, екі көздің де EAR теңдеуі орташа болады.

Бұл теңдеудің алымы көздің тік бағдарлары арасындағы қашықтықты есептейді, ал бөлгіш көздің көлденең бағдарлары арасындағы қашықтықты есептейді, сәйкесінше бөлгішті өлшейді, өйткені көлденең нүктелердің бір жиынтығы ғана, бірақ тік нүктелердің екі жиынтығы бар.

Осы қарапайым теңдеуді қолдана отырып, біз кескіндерді өңдеу әдістерінен аулақ бола аламыз және адамның жыпылықтағанын анықтау үшін көздің бағдарларына дейінгі қашықтық қатынасына сүйенеміз. 4-сурет осы теңдеу арқылы көздің жыпылықтауын есептеп, бет-әлпетті тануға көмектеседі.



4-сурет. Жоғарғы сол жақта: көз ашылған кезде көз бағдарларын визуализациялау. Жоғарғы оң жақта: көз жабылған кезде көздің белгілері. Төменде: уақыт өте келе көздің арақатынасының графигі. Көздің арақатынасының төмендеуі жыпылықтайды

Қорытынды. Қорытындылай келе, OpenCV, Python және dlib көмегімен көздің жыпылықтауын анықтау бет-әлпетті тану жүйесін анықтауға үлкен септігін тигізеді.

Екі көзге арналған бет-әлпет белгілері арқылы, көздің әр көзге арналған арақатынасы EAR теңдеуі арқылы есептелінді, бұл көздің тік бағдарлары арасындағы қашықтықты көлденең бағдарлар арасындағы қашықтыққа байланыстырады.

Көздің арақатынасы болған кезде, адамның жыпылықтайтынын анықтау үшін оның шекті мәнін анықтай аламыз. Көздің арақатынасы көздер ашық болған кезде шамамен тұрақты болып қалады, содан кейін жыпылықтаған кезде тез нөлге жақындайды, содан кейін көз ашылған кезде қайтадан артады. Осы арқылы көздің жыпылықтауын оңай әрі тез айқындай аламыз. Бетті тану жүйесін жасау кезінде көптеген алгоритмдерді қолдануға болады, қазіргі кезде олардың түрлері дамып, күнделікті өмірде қолданылып келеді. OpenCV, dlib кітапханалары тану жүйесі бойынша жаңадан үйренушілер үшін ең қолайлы әдістердің бірі болып есептеледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] T. Danisman, I. Bilasco, C. Djeraba, and N. Ihaddadene. Drowsy driver detection system using eye blink patterns. In Machine and Web Intelligence (ICMWI), Oct 2010. 1, 6, 7

[2] X. Xiong and F. De la Torre. Supervised descent methods and its applications to face alignment. In Proc. CVPR, 2013. 2, 3, 4, 5

[3] F. Yang, X. Yu, J. Huang, P. Yang, and D. Metaxas. Robust eyelid tracking for fatigue detection. In ICIP, 2012. 1

[4] M. Divjak and H. Bischof. Eye blink based fatigue detection for prevention of computer vision syndrome. In IAPR Conference on Machine Vision Applications, 2009. 1

[5] Tereza Soukupova, Jan Cech Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks // Rimske Toplice. – 2016. – №3-5. – P. 2-4.

Жұмахан Н.С.

Обнаружение моргания глаз с помощью OpenCV **, python и dlib**

Резюме. В статье показывается, что применение алгоритма реального времени с помощью библиотек OpenCV и dlib при определении мигания глаз через лицевые ориентиры – один из эффективных способов и подходит для новичков по распознаванию лица. При определении уровня открытости глаз достаточно оцениваются и выявленные результаты отражаются в статье. Таким образом, предложенный алгоритм оценивает состояние ориентиров, получает одну скалярную величину – коэффициент глазного дна (EAR), характеризующий обнаружение источника. В конце концов, классификатор SVM будет определять мигание глаз как пример значений EAR в коротком окне времени.

Ключевые слова: определение мигание глаза, dlib, OpenCV, распознования лица, алгоритм, Python.

УДК 536.423.1

A.A. Genbach, D.Yu. Bondartsev, A.K. Abdikarimov
(Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

INVESTIGATION OF THE THERMAL LOADS IN THE CAPILLARY POROUS COATINGS OF THE BOILER AND TURBINE EQUIPMENT ELEMENTS

Abstract. Heat exchange crisis studies have been carried out depending on underheating and flow rate, thermophysical properties of the heating surface and the ejection of liquid droplets from the porous structure. The principles of designing combustion chambers are determined. The studies are of practical importance in the field of the limiting state of a steam-generating surface protected by cooling from burnout. The crisis of heat transfer during boiling water in porous structures is investigated. The experiments were carried out on a rocket-type burner. The combustion chambers were cooled by various porous structures. The mechanism of heat transfer processes is described and the optimal cell sizes of porous structures are determined. Capillary-porous and flow-through cooling systems have shown high reliability, however, the first system made it possible to hugely reduce cooler consumption (up to 80 times). The design and manufacture of hybrid porous surfaces makes them integrated and multifunctional with higher critical loads and a mobile process for controlling the ultimate state of coatings. A comparative assessment of capillary-porous structures and coatings showed their advantages over other cooling systems. The investigated limiting possibilities of various capillary-porous coatings are presented. High forced heat transfer is ensured by the combined action of capillary and mass forces. The results of theoretical calculations and experimental data are shown to be in good agreement.

Key words: boiling, cooling system, combustion chambers, capillary-porous structures.

А.А. Генбач, Д.Ю. Бондарцев, А.К.Абдикаримов
(Алматинский Университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
Алматы, Казахстан, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛО-ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Резюме. Проведены исследования кризиса теплообмена в зависимости от недогрева и скорости потока, теплофизических свойств поверхности нагрева и выброса капель жидкости из пористой структуры. Определены принципы конструирования камер сгорания. Исследования имеют практическое значение в области предельного состояния парогенерирующей поверхности, защищаемой охлаждением от пережога. Исследован кризис теплообмена при кипении воды в пористых структурах. Эксперименты проводились на горелке ракетного типа. Охлаждались камеры сгорания различными пористыми структурами. Описан механизм процессов теплообмена и определены оптимальные размеры ячеек пористых структур. Капиллярно-пористая и проточная системы охлаждения показали высокую надежность, однако первая система позволила сократить в десятки раз (до 80 раз) расход охладителя. Конструирование и изготовление гибридных пористых поверхностей делает их интегрированными и многофункциональными с более высокими критическими нагрузками и мобильным процессом управления предельным состоянием покрытий. Сравнительная оценка капиллярно-пористых структур и покрытий показала их преимущества над другими системами охлаждения. Приведены исследованные предельные возможности различных капиллярно-пористых покрытий. Высокая форсировка теплопередачи обеспечивается комбинированным действием капиллярных и массовых сил. Показано, что результаты теоретических расчетов и экспериментальных данных хорошо согласуются.

Ключевые слова: кипение, система охлаждения, камеры сгорания, капиллярно-пористые структуры.

Введение

В форсированных устройствах применяют проточное охлаждение. К проточному охлаждению относятся: воздушное, жидкостное, испарительное, газожидкостное, частным случаем которого является воздушно-водоиспарительное охлаждение.

Существенным достоинством обладает воздушно-водоиспарительное охлаждение, представляющее собой охлаждение увлажненным воздухом, содержащим водяной пар и мелкодисперсную влагу. При таком охлаждении снижается начальная температура холодоносителя во время его увлажнения, увеличивается интенсивность отвода тепла за счет интенсивного испарения диспергированной влаги и снижается средняя и конечная температура холодоносителя.

Интенсивность теплоотдачи при воздушно-водоиспарительном охлаждении значительно больше, чем при воздушном, и чаще выше, чем при испарительном охлаждении не кипящей водой. Возрастание коэффициента теплоотдачи связано с испарением части влаги с поверхности охлаждения, турбулизацией мелкодисперсными каплями пограничного слоя воздушного потока и лучистым теплообменом между стенками и капельками влаги. При высоких тепловых нагрузках наступает резкое ухудшение теплоотдачи. Это связано с увеличением количества капель, не достигающих стенки и не смачивающих ее. Схемы с применением газожидкостных дисперсоидов усложняются оросительными камерами, сепарационными и дренажными устройствами. Поэтому предстояло провести поиск новых систем охлаждения. Эффективным видом защиты элементов может служить охлаждение, осуществляемое путем создания на внутренней поверхности стенки низкотемпературного слоя жидкой пленки.

При использовании в качестве защиты стенки аблирующих материалов, имеющих в своем составе синтетические органические вещества. Одним из продуктов разложения которых является углерод, образуется на поверхности слой пористого кокса. Последний, обладая низкой теплопроводностью и высокой жаростойкостью, хорошо теплоизолирует аблирующес вещество и резко уменьшает скорость его разложения. При теплозащите термостойкими покрытиями необходим подбор материалов, выдерживающих высокий нагрев без разрушения с низким коэффициентом теплопроводности. С развитием керамических, пластмассовых и стекловолокнистых материалов появился ряд составов, пригодных для использования в качестве термостойких покрытий. Однако эти материалы требуют тщательной проверки на совместимость.

Экспериментальная часть.

Для исследования предельного состояния капиллярно-пористого покрытия собиралась установка, выполненная в виде огнеструйной горелки ракетного типа, приведенная на рисунке 1. Камера сгорания и сопло горелки имитировали подобные устройства в ГТУ и охлаждались пористыми

покрытиями. Условия проведения опытов представлены в [1]. Камеры сгорания и сверхзвуковые сопла охлаждались капиллярно-пористой и водяной системой.

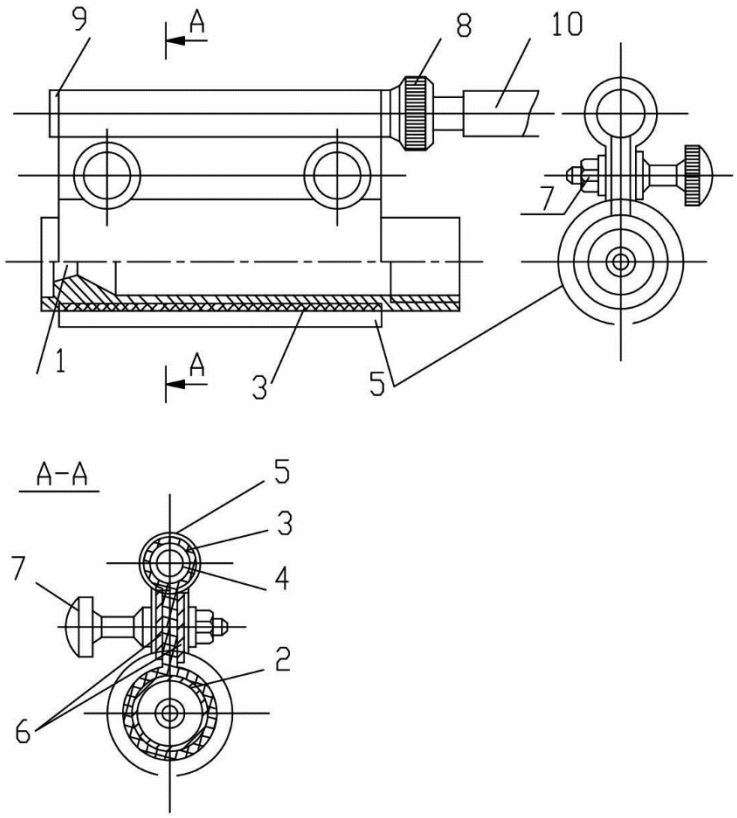


Рис.1. Схема охлаждения сопла и камеры сгорания:
1 – сопло; 2 – камера сгорания; 3 – пористая структура; 4 – артерия;
5 – кожух; 6 – прижимная пластина; 7 – стяжной винт; 8 – уплотняющее кольцо;
9 – заглушка; 10 – резиновый шланг

На рисунке 1 показано устройство для охлаждения сопла 1 и камеры сгорания 2 огнеструйной горелки, которые обтянуты капиллярно-пористым телом 3, концами, соединенными с артерией 4. К перфорированной трубке артерии 4 плотно прилегает капиллярно-пористое тело 3 и кожух 5, который в нижней части с зазором охватывает камеру и сопло, защищая их от механических повреждений, а обслуживающий персонал – от ожогов. Хладагент подается из артерии 5 по структуре 3 к охлаждаемым поверхностям камеры 2 и сопла 1. Зазор, образуемый кожухом 5 и камерой, обеспечивает активное удаление пара за счет его эжекции истекающей из сопла сверхзвуковой высокотемпературной газовой струи.

Подача хладагента осуществляется из напорного бака под незначительным избыточным давлением $(0,2 – 0,25)x10^5$ Па. Его расход сокращается в 60 – 70 раз, т.к. отвод тепла осуществляется теплотой парообразования. Через стенки камеры и сопло передается тепловой поток значение которого изменяется в широких пределах (на один – два порядка). Наивысшее значение он достигает в зоне критического сечения сопла.

Однако самоприспосабливающаяся способность системы успешно справляется с таким режимом и обеспечивает равномерное распределение температурного поля в охлаждаемых стенках. Исключается застой или образование парового пузыря в узких каналах охлаждения, приводящий к прогару стенок, как это имеет место при прямоточной системе охлаждения. Снижаются требования к герметизации соединения камеры сгорания с распределительной головкой горелки.

Схема охлаждения применима и для горелок с воздушным охлаждением (бензо – воздушных и керосино – воздушных). В этом случае в 1,5 и более раз сокращается расход сжатого воздуха, который будет полностью использоваться только как окислитель. Капиллярно-пористая система охлаждения таких горелок весьма эффективна и позволяет значительно увеличить ресурс камер сгорания (с 100 – 150 часов до 500 – 600).

Анализ данных. Обсуждение результатов.

В исследуемой системе охлаждения при малых тепловых потоках передача теплоты осуществляется за счет конвективного теплообмена и ее величина тем выше, чем больше эффективная теплопроводность структуры, смоченной жидкостью, и теплопроводность корпуса. Течение жидкости носит плавный характер, а на поверхности жидкости не наблюдаются паровые пузыри и связанные с ними возмущающие процессы. Жидкость интенсивно испаряется из менисков при малых избытках теплоносителя и с ростом избытка жидкости начинается испарение с поверхности стекающих пленок. Исследования влияния параметров пористого покрытия, а именно толщины и пористости проводилось авторами [4-7,8], экспериментальные исследования авторов [8] показали, что уменьшение высоты свободного пространства над пористым покрытием приводит к увеличению перегрева поверхности и, соответственно, снижению интенсивности теплоотдачи, что нашло отражение на рисунке 2. При этом влияние стесненности тем больше, чем выше плотность отводимого теплового потока.

Дальнейшее уменьшение расстояния между теплоотдающей поверхностью и жестким ограничителем приводила к незначительному увеличению интенсивности теплоотдачи, не достигающего, однако, величины коэффициента теплоотдачи при кипении в большом объеме. Было отмечено, что чем больше плотность теплового потока, тем значительнее снижение коэффициента теплоотдачи. Согласно сравнительному рисунку 3, исследованная капиллярно-пористая система охлаждения имеет ряд преимуществ и является более эффективной, чем [8].

На рисунке 2 приняты обозначения: ✚□– исследованная капиллярно-пористая система охлаждения (КПСО); высота свободного пространства: ♦ – 2 мм, Δ – 7,5 мм, ● – 10 мм, ○ – 17 мм, ◊ – БО (большой объём). Экспериментальные исследования [9 – 11] показывают, что высоко-теплопроводная капиллярно-пористая поверхность, спеченная из частиц примерно одинакового размера, близка к идеальной поверхности при развитом пузырьковом кипении, что можно видеть на рисунке 3 (образцы 1–9) согласно таблице 1 [12].

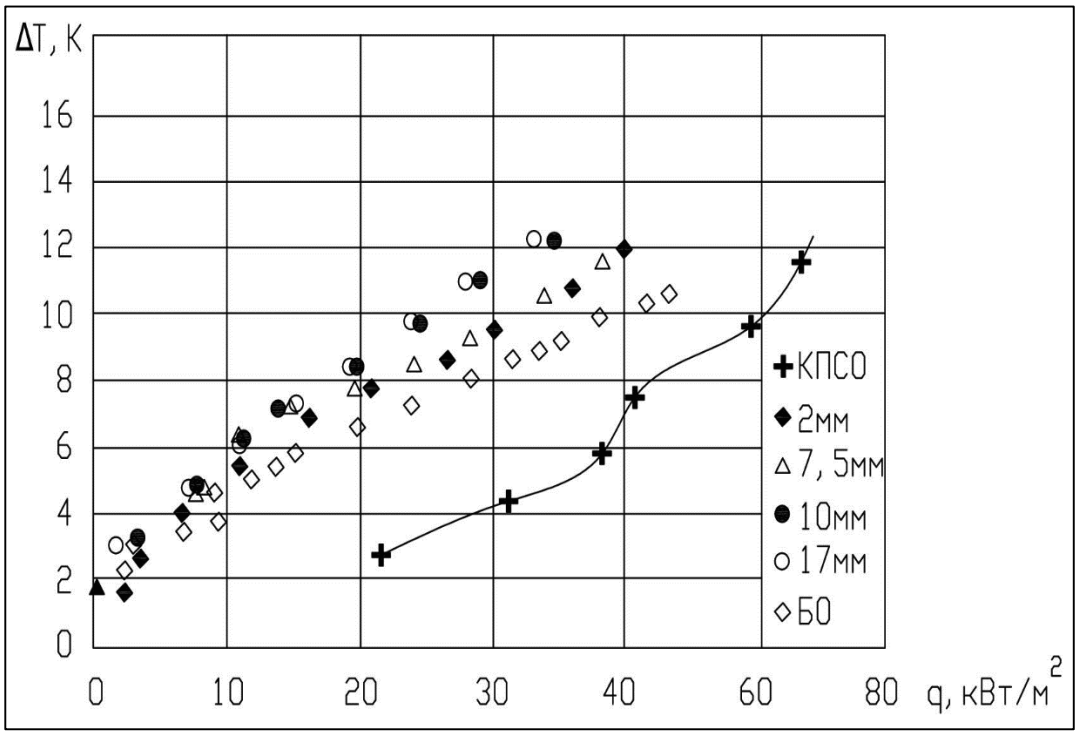


Рис. 2. Сравнение влияния стесненности на перегрев стенки (поверхности) при кипении на капиллярно-пористой структуре [8] с исследованной КПСО (✚).

Обозначения приведенных данных на рисунке 3 соответствуют номеру позиции приведенных в таблице 1, также в таблице приведен теплотехнический коэффициент эффективности различных поверхностей.

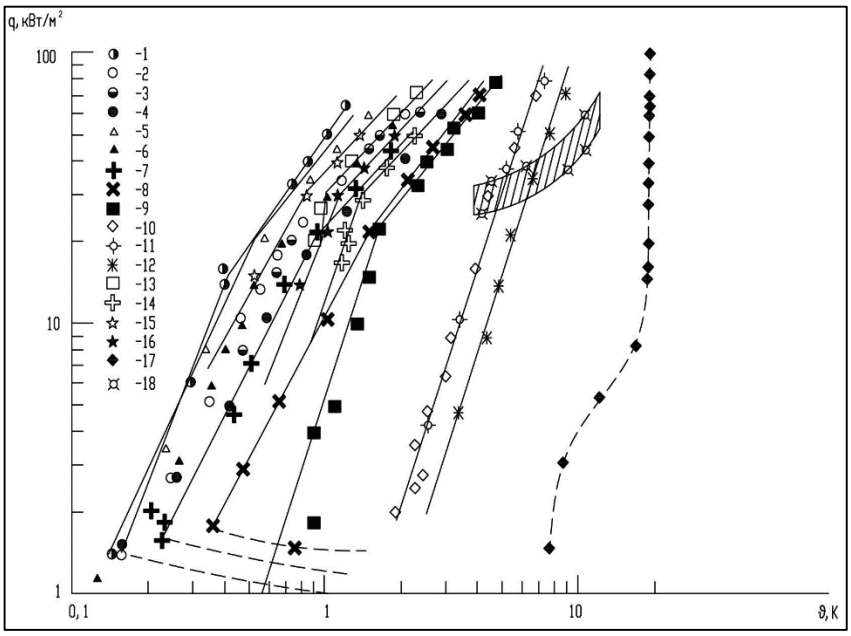


Рис. 3. Сравнение зависимости плотности теплового потока от перегрева теплоотдающей поверхности для различных типов геометрических характеристик поверхности с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения (заштрихованная область).

Таблица 1. **Характеристики анализируемых образцов**

Номер образца	Толщина покрытия □кс, мм	Диаметр частиц $d_ч$, мкм	Средний размер частиц $<d_ч>$, мкм	Средний гидравлический размер пор, $\bar{d}_0$, мкм	Коэффициент эффективности поверхности β_1	Температурный напор начала развитого кипения	Температурный напор начала запаривания
1	0,2	40 – 63	51,5	18,37	0,018	0,16	0,42
2	0,3				0,030	0,16	0,60
3	0,4				0,032	0,20	0,80
4	0,5				0,043	0,20	0,90
5	0,3	63 –100	81,5	24,48	0,009	0,16	0,33
6	0,4				0,030	0,16	0,67
7	0,5				0,039	0,23	1,0
8	0,6				0,052	0,36	1,60
9	0,8				0,063	0,70	1,75
10	0,4	100 –160	130	35,4	0,063	2,0	–
11	0,5				0,063	2,0	–
12	Медная трубка с покрытием Turbo – B [13]	Пропилен			0,093	2,7	–
13	То же [13]	Пропан			0,017	0,48	1,0
14	Медная трубка с покрытием Thermoexcel–E [13]	Пропилен			0,034	0,61	1,40
15	То же [13]	Пропан			0,023	0,2	0,75
16	0,3–1,0 [14]	100–250 R12, R22 30,2–69,4			0,036	0,28	1,25
17	Идеальная поверхность [15] с толщиной структуры 0,01–0,10 мм	Фреон R11			0,0	7,8	–
18	Исследованная КПСО	Вода			–	–	–

При организации процесса кипения на теплоотдающей поверхности большое значение имеет величина перегрева поверхности. При которой начинается развитое пузырьковое кипение и величина перегрева поверхности, при которой начинается «запаривание». Чем больше разность между этими двумя величинами, тем больше диапазон плотности теплового потока, в котором теплоотдающая поверхность будет работать с наибольшей интенсивностью и наоборот. Большое влияние на перегрев поверхности при кипении имеют ее геометрические параметры и, в частности, толщина капиллярно-пористого слоя.

Интенсивность работы каждого центра в начальном режиме кипения неодинакова, некоторые зоны поверхности нагрева едва затронуты пробуждающимися только начинающими работать центрами. В случае увеличения расхода циркулирующего теплоносителя $m_{ж(у)}$ время «жизни» отдельных паровых пузырей возрастает, а ряд активных пор прекращает свою работу, имеют место длительные паузы между зарождением пузырей, вплоть до исключения данного центра из активно генерирующего. Увеличение избытка жидкости $\tilde{m}$ приводит другие активно работающие центры генерации к вялым и нежизнеспособным [1-3].

В сетчатых пористых структурах явление кризиса теплоотдачи протекает более плавно, чем на гладкой поверхности, что аналогично вапотронному эффекту, когда на поверхности нагрева преднамеренно создается определенный рельеф с помощью выступов и углублений. В кризисной ситуации зона пленочного кипения начинает смещаться от основания ребер к их вершинам, увеличивая интенсивность теплоотдачи и величину $q_{кр}$. Это позволяет растянуть кризис кипения на неизотермической поверхности.

В пористой системе охлаждения наличие пор и капилляров на поверхности теплообмена создает искусственную шероховатость, которая в данном случае будет играть роль ребер. К тому же необходимо учесть стабилизирующее действие капиллярных сил, выравнивающих распределение жидкости по теплообменной поверхности.

Выводы

Рассмотрены покрытия из низкотеплопроводных минеральных материалов (кварца, гранита, тешенита) невысокой пористости (3–30%), нанесенные на металлическую подложку (медь или коррозионностойкую сталь с помощью сверхзвукового факела). Определяющим фактором кризиса кипения следует считать гидродинамическую обстановку в объеме и на поверхности сеток, которая, в свою очередь, зависит от вида структуры и организации подвода жидкости. За счет незначительного избытка жидкости (слабого недогрева и скорости потока), как показали визуальные наблюдения, стало возможным управлять паровым фронтом в объёме структуры и, прежде всего, разрушать скапливающиеся паровые образования.

Разработанные наноразмерные и микромасштабные структурированные поверхности в виде покрытий и сетчатых структур дают интегрированный эффект промышленных сеток с покрытиями из природных (естественных) минеральных сред и имеют синергетические преимущества объединения этих двух разработок в интегрированную технологию их изготовления, расширением критических тепловых нагрузок и управлением предельным состоянием пористых покрытий. Сравнительная оценка исследованных структур и покрытий подтверждает их преимущества над другими охлаждающими системами.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Alexander A. Genbach, David Yu. Bondartsev, Iliya K. Iliev. *Thermal Science*. 2019, Volume 23, Issues 2, Pages 849 – 860. https://doi.org/10.2298/TSCI171016139G

[2] Genbach A.A., Bondartsev D.Y. Modeling of thermal stresses destroying the porous coating of heat-exchange surfaces of power plants. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2019;21(3):117-125. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-117-125

[3] Genbach A.A., Bondartsev D.Yu. Experimental method of investigation of the heat transfer crisis in a capillary-porous cooling system // News of the academy of sciences of the RK. – Vol. 2, №4 (28). – P. 81-88.

[4] Alam M.S. Enhanced boiling of saturated water on copper coated heating tubes / Mohammad Siraj Alam, L. Prasad, S.C. Gupta, V.K. Agarwal // Chemical Engineering and Processing Process Intensification. – 2008. – Vol. 47 (1). – P. 159 - 167.

[5] Li Ch. Evaporation. Peterson G.P., Yaxiong Wang Boiling in Thin Capillary Wicks (I) – Wick Thickness Effects // Journal of Heat Transfer. – 2006 –Vol. 128, (12) – P. 1312-1320.

[6] Hanlon M. A. Evaporation Heat Transfer in Sintered Porous Media / M. A. Hanlon, H. B. Ma // Journal of Heat Transfer. – 2003. – Vol. 125 (8) – P. 644-652.

[7] Li Ch. Evaporation/Boiling in Thin Capillary Wicks (II) – Effects of Volumetric Porosity and Mesh Size / Chen Li, G. P. Peterson // Journal of Heat Transfer. – 2006. – Vol. 128, (12) – P. 1320-1328.

[8] Кравец В.Ю., Алексеик О.С. Влияние стесненных условий на интенсивность теплоотдачи при кипении на пористой поверхности // Восточно- Европейский журнал передовых технологий. – 2012. – № 6. – С. 24-27.

[9] Васильев Л.Л. Теплоотдача при кипении сжиженного пропана в капиллярно-пористых структурах // Вести НАН Беларуси. – 2002. – № 4. – С. 114–119.

[10] Васильев Л.Л. Обобщение экспериментальных данных по теплообмену при кипении пропана на медных спеченных капиллярно-пористых покрытиях / Л.Л. Васильев, А.В. Овсянник, М.Н. Новиков //Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. –2001. – № 2. – С. 3–13.

[11] Васильев Л.Л. Экспериментальное исследование влияния характеристик капиллярно-пористого покрытия на теплообмен при кипении пропана // Тр. XIII Шк. - семинара молодых ученых и специалистов. – Санкт-Петербург, 2001. – Т.1. – С. 341– 344.

[12] Овсянник А.В. Оценка эффективности теплообмена на развитых поверхностях при кипении // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2007. – №1. – С. 62 - 70.

[13] Dongsoo J., Heungseok L., Dongsoo B., Jongchul Ha. Nucleate boiling heat transfer coefficients of flammable refrigerants on various enhanced tubes // International Journal of Refrigerators. – 2005. – № 28. – P. 451 – 455.

[14] Balakrishnan A.R. Boiling heat transfer over porous surfaces // Advances in sorption based thermal devices // – Minsk. – 2003. – P. 78 – 91.

[15] Mitrovic J. How to create an efficient surface for nucleate boiling // International Journal of Thermal Sciences. – 2006. – № 45. – P. 1–15.

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.

Қазандық және турбиналық қондырғылар элементтерінің капиллярлы-кеуекті жабындарындағы жылу жүктемелерін зерттеу

Түйіндеме. Жылуалмасу дағдарысының кем қыздырылу және ағын жылдамдығына, қыздыру беттерінің жылу физикалық қасиеттеріне және кеуекті құрылымнан сұйықтық тамшыларының шығарылуына байланысты зерттеулері жүргізілді. Жану камераларын құрастыру қағидалары анықталды. Зерттеулер күйіп кетуден суыту арқылы қорғалатын бу өндіретін беттің шекті күйі саласында практикалық маңызы бар. Кеуекті құрылымдарда су қайнаған кездегі жылу алмасу дағдарысы зерттелді. Тәжірибе зымырандық типтегі оттықта жүргізілді. Жану камералары әртүрлі кеуекті құрылымдармен салқындатылды. Жылу алмасу процесінің механизмі сипатталған және кеуекті құрылым ұяшықтарының оңтайлы өлшемдері анықталған. Капиллярлы-кеуекті және ағынды салқындату жүйелері жоғары сенімділік көрсетті, алайда бірінші жүйе салқындатқыштың шығынын ондаған есеге (80 есеге дейін) қысқартуға мүмкіндік берді. Гибридті кеуекті беттерді құрастыру мен жасау оларды жоғары аумалық жүктемелері бар біріктірілген, көп функциялы және жабындардың шекті күйін басқарудың оңтайлы процесі етеді. Капиллярлы-кеуекті құрылымдар мен жабындарды салыстырмалы бағалау, олардың басқа салқындату жүйелерінен артықшылылығын көрсетті. Әртүрлі капиллярлы-кеуекті жабындардың зерттелген шекті мүмкіндіктері келтірілген. Жылу беруді жоғары жеделдету капиллярлы және массалық күштердің аралас әсерімен қамтамасыз етіледі. Теориялық есептер мен тәжірибелік деректердің нәтижелері жақсы келісетіні көрсетілген.

Түйінді сөздер: қайнау, салқындату жүйесі, жану камералары, капиллярлы-кеуекті құрылымдар.

UDC 661.1:541.18

A. Dyuryagina, A. Lutsenko, В.Ю Тюканько
(M. Kozybaev North Kazakhstan State University, Petropavlovsk, Kazakhstan,
E-mail: l-a.13@mail.ru)

THE USE OF COMPUTER-MICROOPTICAL METHOD FOR THE ANALYSIS OF THE DISPERSING EFFECT OF POLYMER MODIFIERS

Abstract. The effect of polymer surfactants on the dispersion of solid-phase particles of titanium dioxide was established by changing the fractional composition and the total number of particles in aqueous suspensions. Modernization of the traditional method was carried out on the basis of rational conjugation of the functional capabilities of optical analyzers and computer systems.

Analysis of the data showed that the dispersion of the pigment is determined by the content of the film-forming in the system and can be purposefully controlled by the content of surfactants. In the “water-surfactant” system, the maximum disaggregating effect of the studied modifiers with respect to titanium dioxide was recorded at their content of 1.0 g / dm^3. In this case, Dispers 715 w was characterized by the greatest dispersing effect. Equations are derived that describe the influence of the additive concentration and the film-forming content on the diameter of the pigment particles, and nomograms are constructed on their basis.

Keywords: coatings, acrylic composition, surfactants, film-forming, dispersion, water-acrylic dispersion, titanium dioxide, suspension.

1. Introduction.

The introduction of superficially active substances (SAS) and coating composition is a promising direction for the intensification of disaggregation processes (the Rebinder proppant) and stabilization of finely dispersed states over time [4]. This was established by the work of Academician P.A. Rebinder [5–7] and was further developed by the employees of his school - Mr. A.B. Taubman and Mr. S.N. Tolstoy, who explored the interaction of pigments with polymers at the boundary phase. It emerged that the dispersion of pigment particles combined with the polymer can both improve and deteriorate, in addition, it depends on the chemical nature of both components [8, 9]. Interacting with each other through layers of surface-active materials, solid entities form a developed structure, on which, like on a carcass, the secondary structure of an oriented polymer is formed [10–12]. Despite the large number of studies [13–15] devoted to the research on the effect of surfactants on the properties of composite materials, the effect of polymer surfactants on the dispersion of pigments has not yet been adequately studied; therefore, it seemed reasonable to study the effect of ionic polymer superficially active substances (SAS) of the TEGO brand: Glide 100 brand (polyether siloxane copolymer), Dispers 715w (sodium polyacrylate), for the development of titanium dioxide disaggregation processes (brand R02) in compositions based on acrylic film-forming (TU 2316-014-88753220-2006) and a polar solvent (water).

The main aim of the study was to increase the protective resource of acrylic paint, based on the study of the influence of polymer surfactants on dispersion of pigment (titanium dioxide) in the aqueous dispersion of acrylic polymer.

Methods: computer-optical microscopy and mathematical modeling.

For quantitative assessment of the dispersing effect of superficially active substances (SAS), the optical microscopy method is preferable [13], enabling to directly record the linear sizes and configuration of individual dispersions, as well as to determine the fractional composition and qualitative-quantitative regulatory variables in the characteristics of paint and coatings suspensions. The solution of these problems, within the framework of traditional microoptical analysis are constrained by the essential time commitment, labor intensity and poor accuracy, what is associated with the predominance of visual evaluations, routine operations both at the exploration stage and at the stage of the image processing. The foregoing determined the feasibility of pairing the capabilities of micro-optical analyzers and computer systems at the technical and methodological level. For the adequate transfer of the image observed in the eyepiece of the microscope, an electronic conversion nozzle with a magnification of x35 was used, which is equipped with a standard USB port and software package. The principle of operation of the electronic video eyepiece is similar to the principle of operation of the photocell and is confined through conversion of light energy into electrical energy. The system unit of the nozzle with small-scale CCD cameras transforms fixed images in microscope eyepiece into signals eligible for perception by the WindowsXP system in personal computers.

The electronic nozzles are compatible with traditional microscopes in configuration. In our system that we developed, we used a microscope CARLZEISS 451422. At the first stage, within the used framework software package "Differential Distribution Spectrum", by the method of continuous-contact scanning we carried out identification of individual solid-phase pigment particles in the microimages of the studied compositions, followed by their transfer to the computer system unit and saving (documentation). At the second stage, microimages were processed automatically with obtainment of the quantitative information on the specific quantity of particles (per unit area), their geometric parameters (linear dimensions, configuration, area) and finally, on the whole fractional composition.

Thedataprocessingalgorithmincludesthefollowingbasicoperations:

1) binarization of a previously saved image - converting the image to black and white;

2) recognition during continuous scanning and sorting of individual dispersions by quantity (N, unit), size and fractional composition (P, %) by reading their area in pixels (S, px). Transformation of a calculated measure of particle size, expressed in pixels, to metric units (microns);

3) calculation of the integral and differential characteristics of the distribution of particles (by their number, linear parameters and area) and their reflection in the form of diagrams, distribution functions, or in tabular form depending on the specified (in studies) optimization parameters;

4) the output of functional dependencies (in the form of equations or graphs) of the subtractive integral and differential characteristics measure of distribution of particles (in quantity, linear size or area) depending on the quantitative content of the film forming and superficially active substances (SAS) in the compositions.

Whereby, the compositions of the suspensions were optimized by the quantitative content of the solid phase in them, depending on the degree of dispersion of the particles and their distribution according to size

classes. At the same time, for the formation of homogeneous and time-stable layers (by thickness and density of dispersion distribution on the surface of a glass slide), the required characteristics of the static load (mass, soaking period) on the cover glass were defined. This enabled to neutralize the influence of deformation effects caused by variations in the composition of suspensions (in terms of solid content) and triaxial compression (in height and floor) due to the development of accompanying processes in time (evaporation of a dispersion phase.

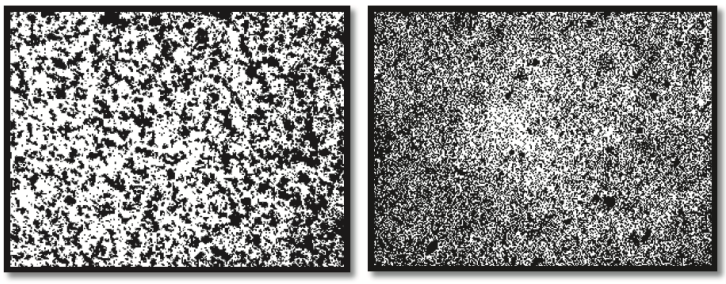
Testing the complex on standardized objects in static and dynamic (in time) modes showed that the measurement error does not exceed 1.3% (rel.). The total duration of microoptical analysis (from taking samples until the release of results) was limited to 3-4 minutes.

According to the results of preliminary tests on pigment titanium dioxide it has been found that for a given multiplicity factor of augmentation of the computer-optical system x350, the best effect from the point of view of reproducibility and accuracy of the results is achieved when its content in aqueous suspensions is on level 1 %.

The development of disaggregation (aggregation) processes was monitored by changing the average statistical size of solid-phase dispersions (d, μm) and fractional composition (P,%) over a fixed area (S of the processed image). The above mentioned operating conditions of sample preparation modes were taken into account during the research. The dispersing effect of surface active polymers was established in aqueous suspensions with 1% m solids mass content. In suspensions, the quantitative content of the aqueous dispersion of acrylic polymer were varied from 0 to 30% and polymer surfactants from 0 to 4 g/dm^3.

2. Results.

The microimages of dispersions of titanium dioxide in water (Fig. 1, a) and in an aqueous film-forming solution (Fig. 1, b), as well as their corresponding diagrams indicating the distribution of pigment particles by fractions, are presented in Fig. 1,2.



a b

Figure 1. Microimages of dispersion of titanium dioxide in water (a) and in 10 % solution of film-forming (b) at magnification of x350

In the solvent, the fine grained portion (particle size ≥44 μm) does not exceed 52%. When bringing in an acrylic polymer into water, the partial failure of large aggregates is taking place (in the interval of 45-63; 64-99 μm), accompanied by an increase in the content of fine fractions up to 67%. This process is due to the generation of proppant pressure due to the diffusion of the film-forming along the boundaries of individual particles; at this stage, primarily particles are disaggregated, connected mainly by point contacts and only then by more durable linear and planar contacts.

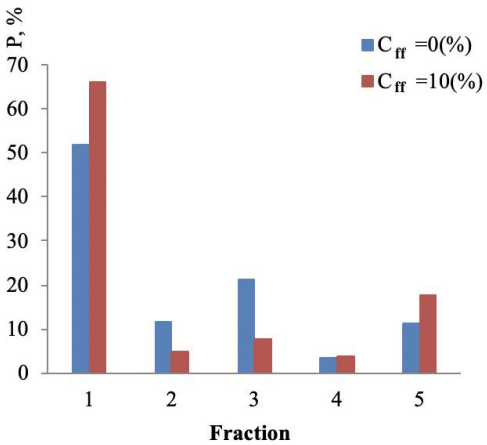


Figure 2. Differential distribution curves for fineness of fractions of solid-phase pigment particles in water (a) and in 10 % solution of film-forming (b)

Introduction to Glide 100 and Dispers 715w compositions improves pigment dispersion, fig. 3.

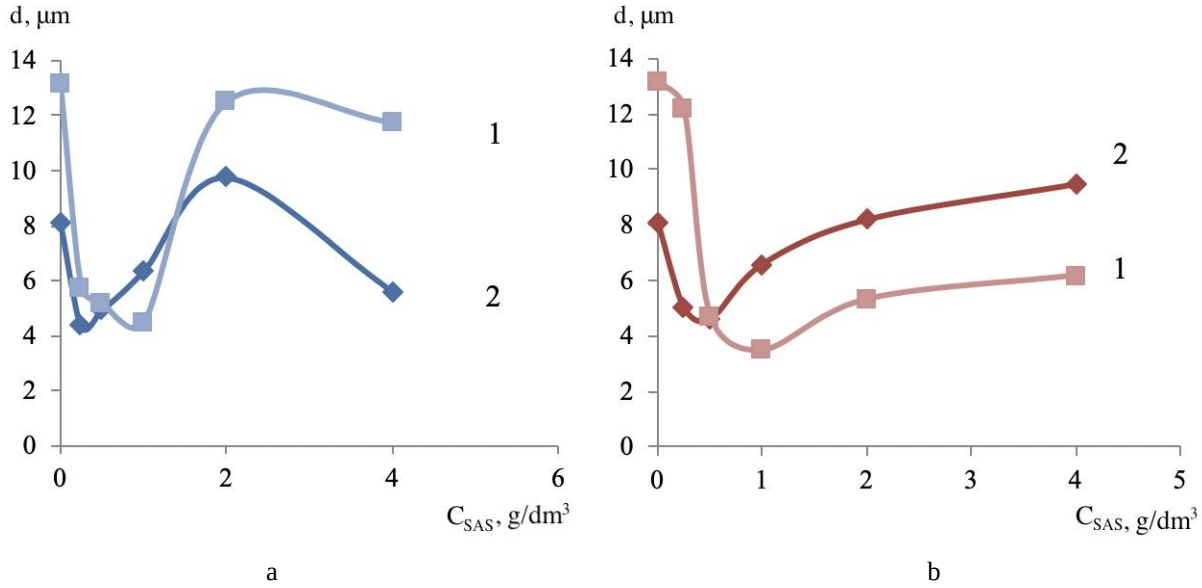


Figure 3. Changes in the average diameter of titanium dioxide from the concentration of Glide 100 (a) and Dispers 715w (b) in water (1) and in the acrylic film-forming (2).

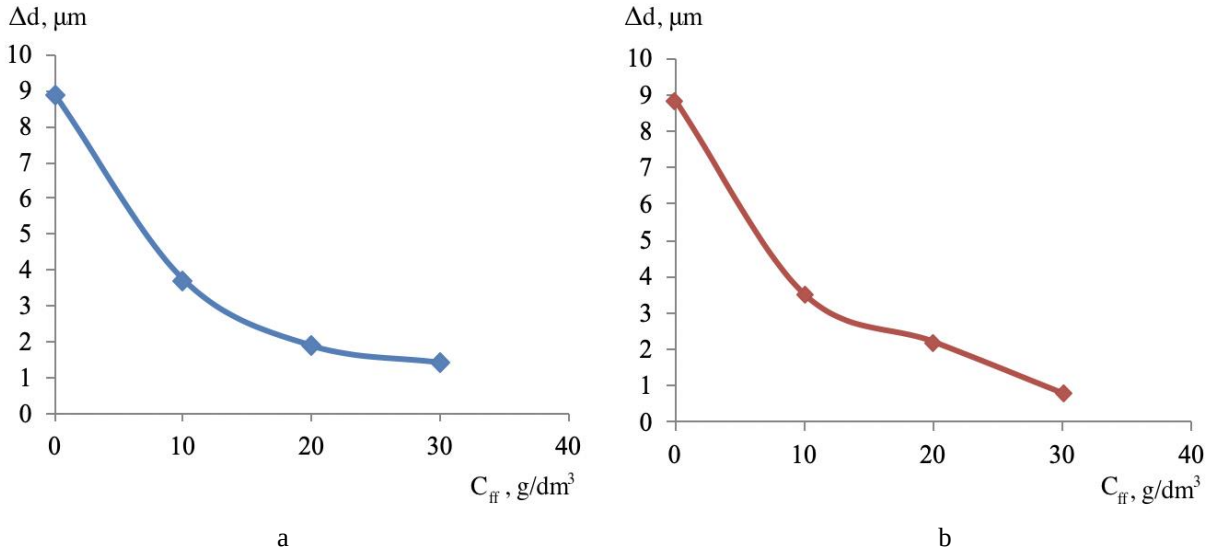


Figure 4. Influence of the film-forming agent on the change in the average statistical diameter (Glide 100 – a; Dispers 715w – b)

In the "water-SAS" system, the maximum disaggregation effect of both modifiers was recorded at their content at the level of 1.0 g/dm^3 (Fig. 3, a, b, curve 1). Moreover, Dispers715w was characterized by the greatest dispersing effect. With an increase in its content from 0 to 1.0 g / dm^3, the particle diameter decreased by 3.7 times and amounted to 3.5 μm. Outside the specified concentration section (SAS>1 g/dm^3), aggregation processes are observed, accompanied by an increase in the diameter of the pigment particles from 4.5 to 11.7 μm (Glide 100) and from 3.5 to 6.2 μm (Dispers 715w) at C_{SAS} = 4 g/dm^3. A comparative analysis of the dispersing effect of the studied additives in binary and ternary systems showed a deeper dispersion in water, what is obviously due to the lack of competition from the film-forming macromolecules. This fact demonstrates dependencies d=f(C_{ff}), Δd is the difference of the average diameter in suspensions without surfactant and its minimum value in the presence of additives (Fig. 4).

Judging by the decrease in Δd values, with an increase in the film-forming content (from 0 to 20%), the number of acrylic macromolecules related to a solid surface increases significantly, what complicates the migration of surfactants introduced into the well mouths of microcracks and, thus, reduces the growth of deformations and the mechanical separation of aggregates under the influence of modifiers. Due to further concentration of the film-forming (from 20 to 30%) stabilization of the dispersing effect to the infused surfactants was recorded (at the level of 1.5–2 μm). The latter may be due to the processes of association of acrylic macromolecules.

Thus, the dispersion of the pigment is determined by the content of the film-forming in the system and can be purposefully controlled by the content of surfactants.

Based on experimental data, generalized equations (1) and (2) are derived that describe the effect of surfactant concentration and film-forming content in suspensions on pigment particle diameter (d, μm):

«Acrylic Film-Forming – Glide 100 System – TiO2 system»

$$d = \frac{(7{,}84 - 27\left(e^{C_{SAS}-1}\right)\left(e^{-3{,}6C_{SAS}}\right) - 0{,}03C_{SAS}^{3{,}1} \times (7{,}66e^{-0{,}019C_{ff}})}{5{,}97}$$

«Acrylic Film-Forming – Dispers715w– TiO2 system»

$$d = \frac{(7{,}84 - 14\left(e^{C_{SAS}-1}\right)\left(e^{-2C_{SAS}}\right) - 0{,}1C_{SAS}^{1{,}8} \times (7{,}5e^{-0{,}02C_{ff}})}{5{,}89}$$

where $C_{SAS}$is the surfactant content in the composition, g/dm^3; C_{ff} - the content of acrylic polymer in the compositiontion,%.

Nomograms (Fig. 5) are obtained based on the generalized equations (1) and (2), allowing to define estimate values of the above mentioned parameters for the achievement of the fixed values of the diameter of the pigment particles. So, values of d=4 μm with an acrylic polymer content (APC) in the system of 25% can be achieved at a surfactant concentration 0.19–0.30 g/dm^3 respectively for Dispers 715w and Glide 100. With an increase of the film-forming content (30%), the same particle size can be achieved with a lower concentration of Dispers 715w surfactants (SAS = 0.17 g/dm^3) and Glide 100 (SAS = 0.2 g/dm^3).

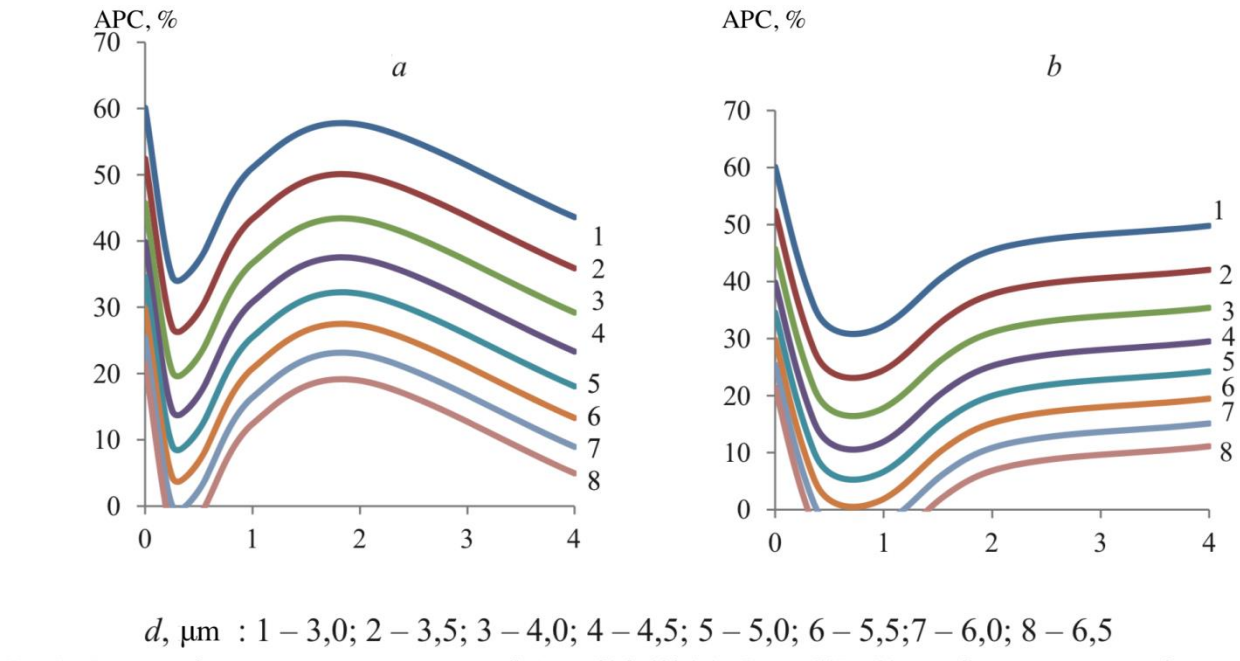


Figure 5. Effect of the content of acrylic polymer and additives: Glide 100 (a) and Dispers 715w (b) on the average diameter of pigment particle

3. Discussion

1. In the "water-surfactant" system, the maximum disaggregation effect of the studied modifiers with respect to titanium dioxide was fixed at their content of 1.0 g / dm^3. Whereby, Dispers 715w was characterized with the greatest dispersion effect. With an increase in its content from 0 to 1 g/dm^3, the particle diameter decreased by 3.7 times and amounted to 3.5 μm.

2. In the presence of film-forming, there was established a decrease in the dispersing effect of the studied additives due to competition from acrylic macromolecules. In the "water-surfactant-film-forming" system, the maximum dispersing action shifts toward lower concentrations - Glide 100 (C = 0.25 g / dm^3) and Dispers 715w (C = 0.5 g / dm^3): while the particle diameter pigment is reduced at most than twofold (from 8.0 to 4.0 ÷ 4.5 microns).

2. Generalized equations are derived and nomograms are constructed that allow to determine the concentration of the additive and the film-forming content for achievement of fixed values of the diameter of the pigment part.

REFERENCES

[1] Fairhurst D. Coatings for Structures in Contact with the Ground. Reference Module in Materials Science and Materials Engineering: Elsevier Inc. – 306. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803581-8.01678-7.

[2] Overbeek A., Buckmann F., Martin E., Steenwinkel P., &Annable T. New generation decorative paint technology Progress in Organic Coatings. –2003. – Vol. 48, Iss. 2–4. – P. 125–139. https://doi.org/10.1016/S0300-9440(03)00101-2.

[3] Яковлев А.Д. Химия и технология лакокрасочных покрытий / А.Д. Яковлев // Ленинград: Химия, 1989. – 382 с.

[4] Chandrashekara R. Haramagatti, Dhande Priya, Bhavsar Ritesh, Umbarkar Ajinkya, Joshi Amit. Role of surfactants on stability of iron oxide yellow pigment dispersions // Progress in Organic Coatings. – 2018. – Vol. 120. – P. 260–265. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.03.006.

[5] Nsib Faouzi, Ayed Naceur, &Chevalier Yves. Selection of dispersants for the dispersion of C.I. Pigment Violet 23 in organic medium // Dyes and Pigments. – 2007. – Vol. 74, Iss. 1. – P. 133–140. https://doi.org/10.1016/j.dyepig.2006.01.047.

[6] Dongjie Liu, Qinghui Wang, Jinjia Wei. Experimental study on drag reduction performance of mixed polymer and surfactant solutions. // Chemical Engineering Research and Design. – 2018. – Vol. 132. – P. 460–469. https://doi.org/10.1016/j.cherd.2018.01.047.

[7] Yekeen Nurudeen, A. Manan Muhammad, Kamal Idris Ahmad &Samin Mohamed Ali. Influence of surfactant and electrolyte concentrations on surfactant adsorption and foaming characteristics. // Journal of Petroleum Science and Engineering. –2017. – Vol. 149. – P. 612–622.

[8] Sanatkaran N., Masalova I., Malkin A.Ya. Effect of surfactant on interfacial film and stability of highly concentrated emulsions stabilized by various binary surfactant mixtures // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2014. – Vol. 461. – P. 85-91. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2014.07.031.

[9] Grażyna Para, Wilk Kazimiera Anna, Warszyński Piotr. Surface activity of cationic surfactants, influence of molecular structure // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2010. – Vol. 365. P. – 215–221. https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2010.02.004.

[10] Aguirreurreta Z. Preparation of high solids content waterborne acrylic coatings using polymerizable surfactants to improve water sensitivity // Progress in Organic Coatings. – 2017. – Vol. 112. – P. 200–209. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2017.06.028.

[11] Болатбаев К.Н. Дюрягина А.Н, Островной К.А. Модифицирование композитов поверхностно-активными веществами: монография. – Петропавловск: Изд-во СКГУ, 2005. – 184 с.

[12] Karakas Firat, S. Gelik. Mehmet. Stabilization mechanism of main paint pigments // Progress in Organic Coatings. – 2018. – Vol. 123. – P. 292–298. https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2018.07.019.

[13] Lauren N. Butler. Fellows M. Christopher, Gilbert G. Robert. Effect of surfactant systems on the water sensitivity of latex films // Journal of applied polymer science. – 2004. – Vol. 92, Iss. 3. – P. 1813–1823.https://doi.org/10.1002/app.20150

[14] Juan F. Gonzalez-Martinez, Yana Znamenskaya Falk, Sebastian Björklund, Stefan Erkselius, Nicola Rehnberg, Javier Sotres. Humidity-Induced Phase Transitions of Surfactants Embedded in Latex Coatings Can Drastically Alter Their Water Barrier and Mechanical Properties // Polymers (Basel). – 2018. – Vol. 10, Iss. 3. – P. 284–300.

[15] Greenspan, L. Humidity Fixed Points of Binary Saturated Aqueous Solutions. J. Res. Natl. Bur. Stand. Sect. A. – 1977. – Vol. 81. P. 89–96.

Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.

Полимер модификаторларының дисперсті әсерін талдау үшін компьютерлік-микрооптикалық әдісті қолдану

Түйіндеме. Титан диоксидінің қатты фазалық бөлшектерінің дисперсиясына полимерлі белсенді заттардың әсері фракциялық құрамды және сулы суспензиядағы бөлшектердің жалпы санын өзгерту арқылы анықталды. Дәстүрлі әдісті модернизациялау оптикалық анализаторлар мен компьютерлік жүйелердің функционалды мүмкіндіктерін ұтымды біріктіру негізінде жүзеге асырылды.

Деректерді талдау көрсеткендей, пигменттің дисперсиясы жүйеде пленканың түзілуімен анықталады және беттік-белсенді заттардың құрамымен мақсатты түрде басқарылуы мүмкін. «Су бетіндегі белсенді зат» жүйесінде зерттелетін модификаторлардың титан диоксидіне қатысты максималды бөлу әсері олардың құрамы 1,0 г / дм^3 болды. Бұл жағдайда, 715 w дисперсі ең үлкен дисперсті әсерімен сипатталды. Аддитивті концентрацияның және пленканың түзілу құрамының пигмент бөлшектерінің диаметріне әсерін сипаттайтын теңдеулер алынды және олардың негізінде номограммалар жасалды.

Түйін сөздер: жабындар, акрил құрамы, беттік-белсендізаттар, пленка қалыптастыру, дисперсия, су-акрил дисперсиясы, титан диоксиді, суспензия.

Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.

Применение компьютерно-микрооптического метода для анализа диспергирующего действия полимерных модификаторов

Резюме. Устанавливали влияние полимерных поверхностно-активных веществ на диспергирование твердофазных частиц диоксида титана по изменению фракционного состава и общего числа частиц в водных суспензиях. Модернизации традиционного способа осуществляли на основе рационального сопряжения функциональных возможностей оптических анализаторов и компьютерных систем.

Анализ полученных данных показал, что, диспергирование пигмента определяется содержанием пленкообразующего в системе и может целенаправленно регулироваться содержанием ПАВ. В системе «вода-ПАВ» максимум дезагрегирующего эффекта исследуемых модификаторов по отношению к диоксиду титана фиксировали при их содержании 1,0 г/дм^3. При этом наибольшим диспергирующим эффектом характеризовался Dispers 715 w. Выведены уравнения, описывающие влияние концентрации аддитива, содержания пленкообразующего на диаметр частиц пигмента, и на их основе построены номограммы.

Ключевые слова: покрытия, акриловая композиция, поверхностно-активные вещества, пленкообразование, дисперсия, водно-акриловая дисперсия, диоксид титана, суспензия.

УДК 621.316.97

А.Е. Наурызбаев, Г.И. Мухамедрахимова, Г.С. Абдраимова, Б.З. Кансейтова
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
alik2310@mail.ru, isatai-07@mail.ru, abdraimova.gaziza@mail.ru, kanseit.b@gmail.com)

RESEARCH OF FEATURES OF THE LORAWAN TECHNOLOGY

Abstract. Features of the communication network based on LoRaWAN technology-narrow-band networks, have low radiation power and an extended range with a radius of up to several kilometers. This attracts the attention of developers who are engaged in improving the technical characteristics of LoRa technology for business models. The article discusses the features of one of the alternative projects IoT technology LoRaWAN, which attracts not only low cost but also low power consumption, but also openness to the creation of business models, scope of coverage, the assumed key benefits of services and technologies LoRaWAN.

Keywords: IoT, wireless technology, LoRaWAN, Internet of things.

А.Е. Наурызбаев, Г.И. Мухамедрахимова, Г.С. Абдраимова, Б.З. Қансейтова
(Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан қ., Қазахстан)
alik2310@mail.ru, isatai-07@mail.ru, abdraimova.gaziza@mail.ru, kanseit.b@gmail.com

LORAWAN ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. LoRaWAN технологиясының негізіндегі байланыс желісінің ерекшелігі – тар-жолақтық желі, қолданатын сәулелену қуаттары аз және әсер ету зонасы бірнеше километрге дейін кеңейтілген. Сондықтан, бизнес-модельдермен және LoRa технологиясының техникалық сипаттамаларын жетілдірумен айналысатын өндірушілердің назарын аударуда. Мақалада IoT жобаларының альтернативті алдыңғы қатардағы жобаның бірі – LoRaWAN технологиясы өзінің төмен бағасымен және энергияны аз қолданатын мүмкіндігімен, бизнес-

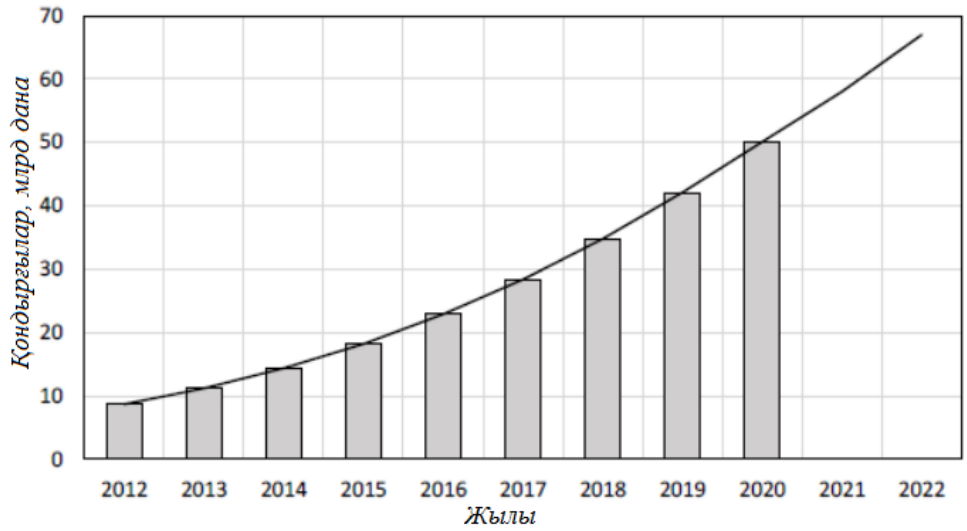
модельдерді жасауғаашықтығымен көңіл тартатыны туралы, сонымен қатар, көрсету қызметтерінің негізгі ерекшеліктері мен LoRaWAN технологиясының мүмкіндіктері талқыланады.

Қолданбалы сөздер*:* IoT, сымсыз технология, LoRaWAN, Заттар Интернеті.

Кіріспе

Статистикалық мәліметтер бойынша, әлемде 2020 жылдың соңына қарай қолданылатын IoT құрылғыларының саны 50 млрд дейін жетеді [1,2]. Ал 2022 жылға қарай – саны 70 млрд жету мүмкін. IoT/M2M қосымшаларының едәуір бөлігі интернетке рұқсат алу, (яғни, интернетке шығу) радио-технологиялары ретінде таралу радиусы аз аудан үшін қолданылатын Zigbee, Wi-Fi и Bluetooth сияқты қосымшаларды қолданылу көзделеді. Сонымен қатар, себебі қолданатын сәулелену қуаттары аз және бірнеше километрге дейін кеңейтілген әсер ету зонасы болғандықтан, олардың елеулі бөлігі тар-жолақты желілерге қосылу көзделеді [2,3,4]. Ондай желілерге LoRaWAN технологиясына негізделген тар-жолақты байланыс желілері жатады. Бұл желілер қысқаша LoRa деп аталады. Бұндай технологияны дамыту үшін жабдықтарды өндірушілер мен операторлар LoRa Aliance – консорциумын құрып, негізгі қызметі – LoRa технологиясының техникалық сипаттамаларын жетілдіріп, бизнес-модельдерді жасаумен айналысады.

Cisco болжамы 1-суретте келтіріліп, оның 2022 жылға дейінгі экстраполяциясы да анық көрсетілген, бұнда заттар Интернетінің қондырғыларының артуы туралы болжамы туралы мәліметтер келтірілді, ал 2-суретте байланыс желісіне енгізілген заттардың үлесінің өзгерістерінің болжамдары келтірілді [3,4,5].



1-сурет. Әлемдегі Заттар Интернетінің қондырғылары санының артуы туралы болжамдар

Заттар Интернеті қондырғыларының саны артып, байланыс желілеріне қосылған осы қондырғылар үлесінің ену мүмкіндігінің өсуі туралы мәліметтер 1 және 2 суреттерде келтірілген. Бүгінгі күндері және жақын арада осы құрылғылардың көбі сымсыз байланыс желілерінің элементтерін құрайды [5,6]. Сондықтан, жоғарыда келтірілген талдаудың нәтижелері сымсыз байланыс желілерін құру саласында жүргізілетін зерттеулердің өзекті әрі маңызды тақырыбы екендігінің дәлелі.

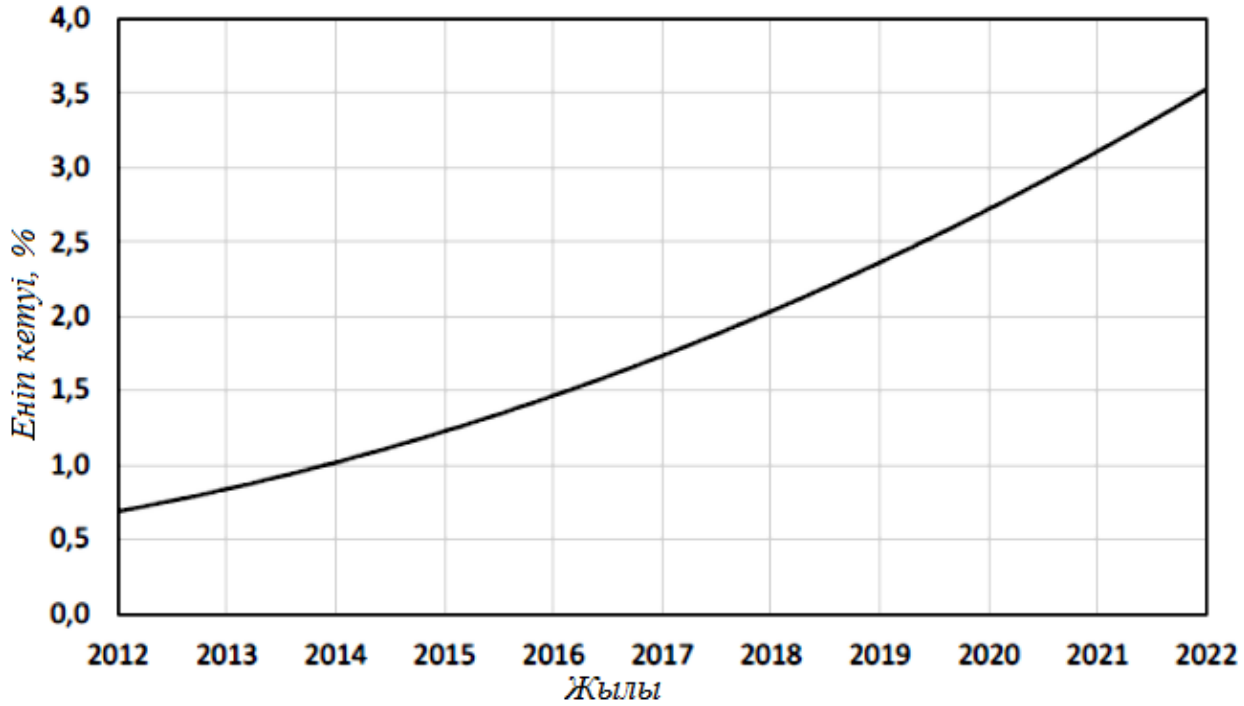
Әдістері. LoRa технологиясының ерекшелігі және техникалық талаптары.

LoRa технологиясының радио-интерфейсін құру ерекшеліктері мен техникалық талаптары. LPWAN технологиялар тобына кіретін LoRa тар-жолақты байланыс технологиясының техникалық талаптары 3-суретте келтіріліп [7,8], келесідей алғышарттардан қалыптастырылған:

– IoT қондырғыларының басым көпшілігі тәулігіне бірнеше рет 10 байттан 50 байтқа дейін генерацияланатын, аз көлемдегі трафиктің қарапайым сенсорлары болып табылады;

– деректердің негізгі трафигі жіберу жолдары бойымен «вертикаль жоғары» бағытта (IoT құрылғысынан бастап базалық станцияға қарай (радио-шлюзге) жіберіледі. LoRa радио-технологиясы – радио-қолжетімділік желілерін қалыптастыру арқылы қашықтықтағы түрлі датчиктер мен

сенсорларды Заттар Интернеті қосымшаларымен әр түрлі жолдармен байланыстыруға мүмкіндік беретін радиотехнология болып табылады.

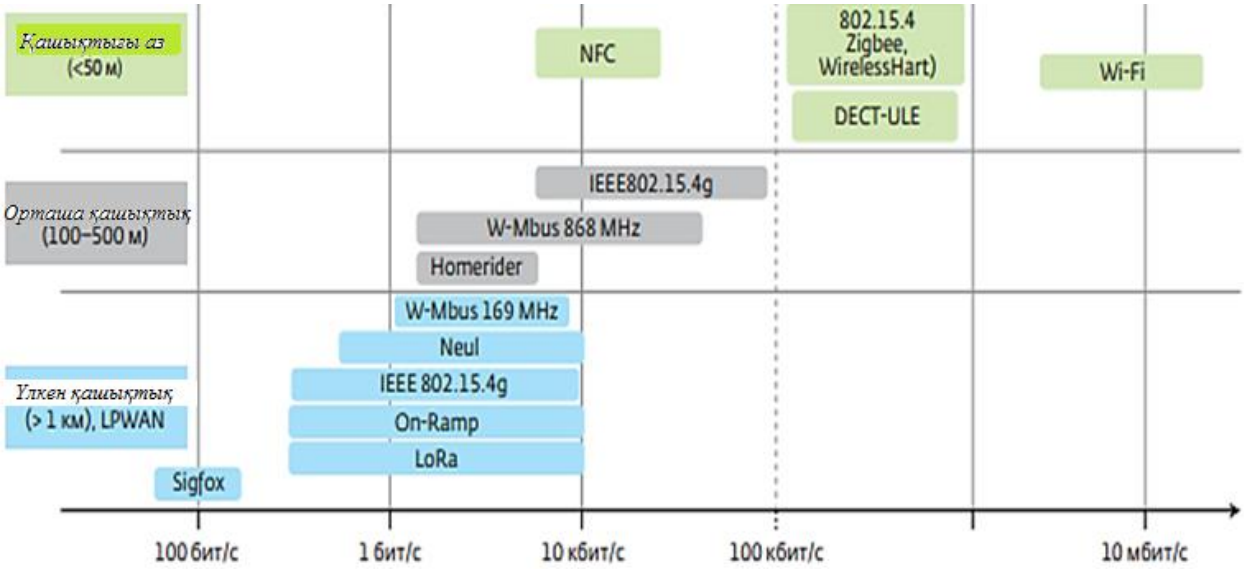


2-сурет. Әлемдегі байланыс желілеріне қосылған Заттар Интернеті қондырғыларының еніп кету мүмкіндігінің болжамы [6]

Ол, таратқыштардың сипаттамалары өзгермейтін тура радио-байланыстың қарапайым жүйелерімен салыстырғанда, байланыс қашықтығын 10 есе арттыруға мүмкіндік беретін спектрдің кеңею технологиясына негізделген. Оны іске асыру үшін:

– фазалық ығысуы минималды болатын GMSK Гаусстың модуляциясы бар арнайы сигналдарды *қолдану арқылы*, ал оларды модуляциялау алдында деректері тікбұрышты импульстардан құрылатын тізбек Гаусстың фильтрінен өтеді;

– жиіліктік-манипуляцияланған FSK сигналдарын *қолдану арқылы*;



3-сурет. Түрлі радио-қолжетімділік технологиялары үшін IoT-құрылғыларының әсер ету радиусының деректерді тарату жылдамдығына тәуелділігі [9]

Кең-жолақты модуляцияланған Спектрлік ұлғайтуды *қолдану арқылы*, және, сызықтық жиіліктік модуляцияланған деректерінің кең-жолақты импульстермен кодталу шарты – спектрдің ұлғаю коэффициенті SK=7–12 – орындалып [10,11], кез-келген уақыт интервалында жиілігі артуы немесе кемуі шарт.

LoRa технологиясы IoT/M2M деректерді тарату желісінде әртүрлі жылдамдықтарды қамтамасыз етеді [11]:

– 250 бит/с бастап 5,47 кбит/с дейін, егер арнаның ені 125 кГц болса;
– 11 кбит/с дейін, егер арнаның ені 250 кГц болса;
– 50 кбит/с дейін, егер FSK модуляциясын қолданса.

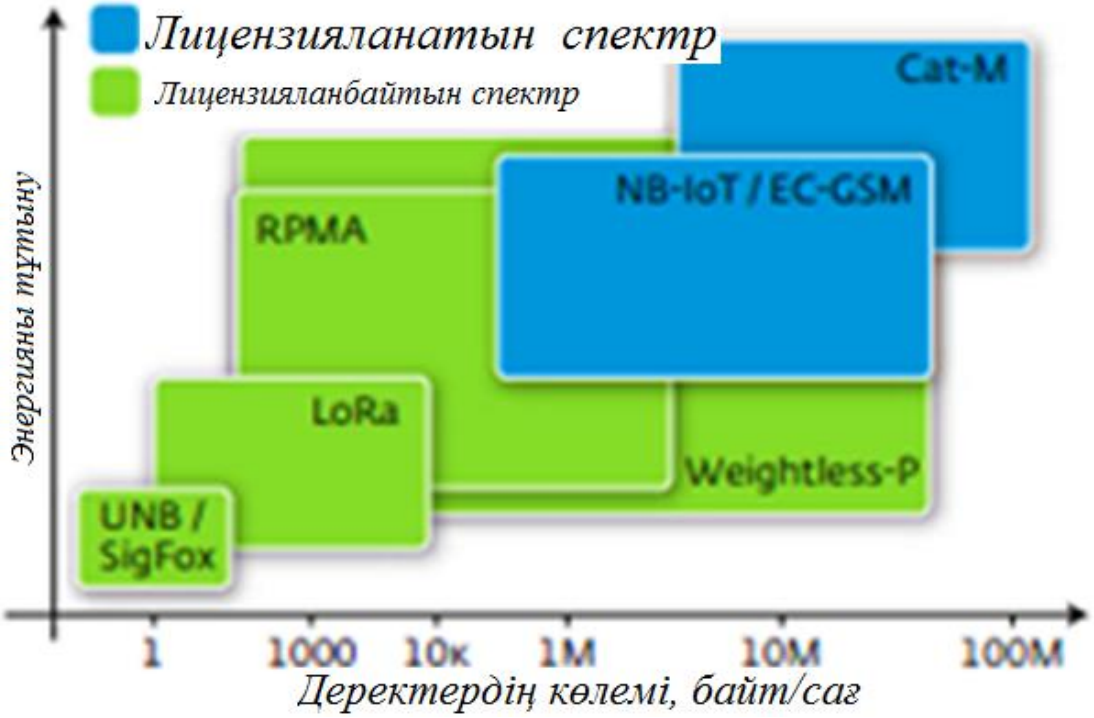
Олар тек технологиялық шешімдерге ғана емес, сонымен бірге радио-жиіліктік ресурстың аймақтық реттеушілердің талаптарына да тәуелді болады. Деңгейі 160 дБ асатын, тарату жылдамдықтары жоғарыда келтірілгендей деректер үшін, LoRa желісіндегі радио-жолдары энергиялық бюджетті қамтамасыз етеді [12,13]. LoRa желісінің абоненттік құрылғыларындағы тұтыну тогы, ток көзінің кернеуі 3В болса, сигналды тарату кезінде – 40 мА құрайды, ал қабылдау кезінде – 10 мА құрайды. Егер батареяларды алмастырмаса, энергияны тұтыну – осы құрылғылардың қызмет ету ұзақтығын анықтайды.

LoRa технологиясының абоненттік қондырғылардың энергияны тұтынуын, басқа радио-технологиялардың энергияны тұтынуындағы салыстырғандағы бағалануы 4-суретте келтірілді [13].

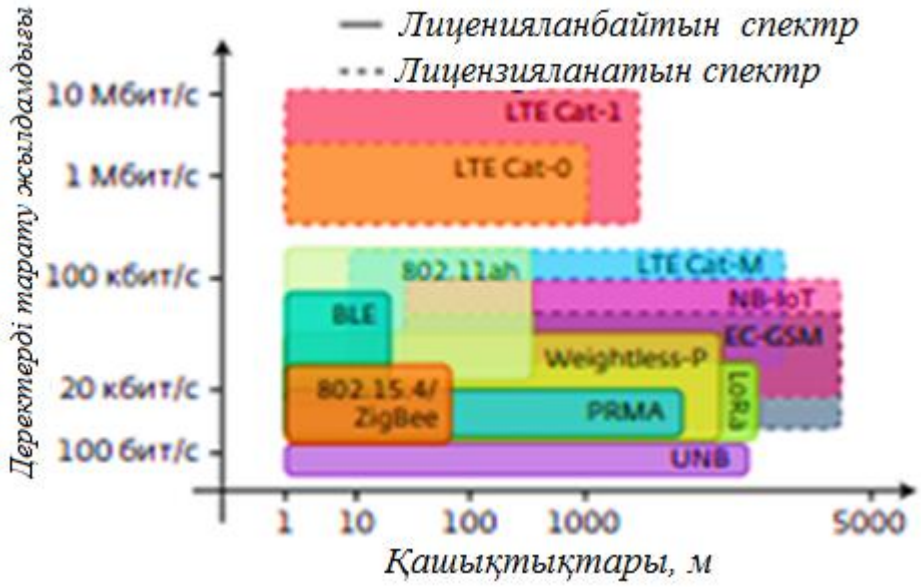
LoRa технологиясының, басқа технологиялармен сағатына 1 байттан 10 кбайтқа дейін тарату сегментіндегі мәндерімен салыстырғанда, артықшылықтары бар.

LoRa желісінің қамту зонасы базалық станциялардың әсер ету радиусының шеңберінде қамтамасыз етіледі: қаланың ішінде – 2,5 км дейін, ауылдық жерде 15 км дейін. LoRa қызмет атқару үшін, 5-суретте көрсетілгендей, спектрдің лицензияланбайтын бөліктерін қолданады, олар анықталған және аумақтық шектеу ережелері арқылы келесідей жиіліктер диапазондарында реттеледі [13,14]:

– 430 МГц – Азиялық аумақтары үшін;
– 780 МГц – Қытай аумағы үшін;
– 433 МГц – Еуропа аумағы үшін;
– 866 МГц – Еуропа аумағы үшін;
– 915 МГц – АҚШ аумақтары үшін.



4-сурет. Басқа радио-технологиялармен салыстырғанда, LoRa технологиясының энергияны тұтыну мүмкіндігін салыстыру [13]



5-сурет. Спектрлері лицензияланбайтын және лицензияланатын аумақтары бар IoT радио-қолжетімділік желілерінің сипаттамалары [13]

LoRaWAN желілері үшін Еуропада, Желінің операторының таңдауымен қолданылатын ETSI EN 300.220 стандарты арқылы 864-868 МГц жиіліктер жолағы бекітілген, ISM-диапазонының арналары қолданылады. Бірақ, барлық абоненттік құрылғыларда және LoRa шлюздерінде жаппай қолданбалы үш жиіліктік арналары LBT режимінде қолданылады: 864,10; 864,30; 864,50 МГц [14].

Желіде басқару қызметтерін іске асыру үшін, жаппай қолжетімді арнада кең түрде хабар жүргізе алатындай сұраныстарға кепілдік алу мақсатымен Келесі үш жиіліктік арналар: 864,10; 864,30; 864,50 МГц іске қосылады [14,15]. Сонымен қатар, LoRa технологиясының, жоғарыда келтірілгендей, лицензияланбаған жолақтарында бірқатар технологиялық бәсекелестікте.

Талдау жасау.

Қорытындылай келе, кез келген басқа технология сияқты, LoRaWAN технологиясының өзіне тән артықшылықтары мен кемшіліктері болады. Біріншіден, жоғары деңгейдегі қамтылуы және трафиктің төмен болуына қарамастан оның байланыс жолының артуы кезінде қанағаттанарлық кең-көлемділігі байқалады.

Ешбір сын көтере алмайтын кемшілігі – сенімділігінің төмен деңгейі, шағын уақытқа кідіріске ұшырауы және, байланыс жолының артуы кезінде трафикті бағалау барысында, төмен деңгейдегі өнімділігі.

Жасалған талдау негізінде, мынадай шешімге келдік – LoRa технологиясын, тығыздығы төмен трафиктерінің кідіріске және сенімділікке қатаң талап қоймайтын желілері үшін тиімді қолдануға болады. Бұндай мүмкін болатын желілерді қолдану мысалдары – қатаң шарт қойылмайтын инфра-құрылымның қосымшалары немесе ортаның мониторингі.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] LoRa Alliance. LoRaWAN R1.0. Open Standard Released for the IoT; LoRa Alliance: Fremont, CA, USA, 2015. 8.LoRa Alliance. LoRaWAN Regional Parameters v1.0; LoRa Alliance: Fremont, CA, USA, 2016.

[2] Chekra E.F., Mohamed K., Slim A., Pascal B., Abdelfettah B. LoRa technology MAC layer operations and Research issues.-New York: LoRa, 2018.-P.8-13.

[3] Erturk M.A., Aydin M.A., Buyukakkaslar M.T., Evirgen H. A Survey on LoRaWAN Architecture, Protocol and Technologies.//Future Internet 2019, Том: 11. Выпуск: 10. doi:10.3390/fi11100216.

[4] Yang M., Wang J., Zou M., Hua T. «Narrowband Wireless Access for Low-Power Massive Internet of Things»,-New York: Internet, 2017.-P.38-40.

[5] Podevijn, N.; Plets, D.; Trogh, J.; Martens, L.; Suanet, P.; Hendrikse, K.; Joseph, W. TDoA-Based Outdoor Positioning with Tracking Algorithm in a Public LoRa Network. Wirel. Commun. Mob. Comput. 2018, 2018, 1864209. [CrossRef]

[6] Pasolini, G.; Buratti, C.; Feltrin, L.; Zabini, F.; De Castro, C.; Verdone, R.; Andrisano, O. Smart City Pilot Projects Using LoRa and IEEE802. 15.4 Technologies. Sensors 2018, 18, 1118.

[7] Latre, S.; Leroux, P.; Coenen, T.; Braem, B.; Ballon, P.; Demeester, P. City of things: An integrated and multi-technology testbed for IoT smart city experiments. In Proceedings of the 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), Trento, Italy, 12–15 September 2016; pp. 1–8.

[8] Taneja, M. 802.11 ah-LPWA interworking. In Proceedings of the 2016 IEEE NetSoft Conference and Workshops (NetSoft), Seoul, Korea, 6–10 June 2016; pp. 441–446.

[9] Кумаритова Д.Л., Киричек Р.В. Обзор и сравнительный анализ технологий LPWAN сетей.-Москва:Техносфера,2016-С.45-51.

[10] Вишневский В.М., Портной С.Л., Шахнович И.В. Широкополосные беспроводные сети передачи информации. – Москва: Мир, 2005.-С.74-81.

[11] Болдина В.И., Фролов А.А. Современная сверхузкополосная система передачи данных LORA.-Москва: Техносфера, 2017.-С.45-51.

[12] Гепко И.А., Олейник В.Ф., Чайка Ю.Д., Бондаренко А.В. Современные беспроводные сети: состояние и перспективы развития. – Москва: Верстка, 2009.-С.66-79.

[13] Дрю Д. Теория транспортных потоков и управления ими. – Москва:Транспорт,1972-426 с.

[14] Жанказиев С.В. Инеттелектуальные транспортные системы.-Москва: Мир связи, 2016-С.4-9.

Наурызбаев А.Е., Мухамедрахимова Г.И., Абдраимова Г.С., Кансейтова Б.З.

Исследование особенностей технологии LoRaWAN

Резюме. Особенности сети связи на основе технологии LoRaWAN – узкополосные сети, имеют низкую мощность излучения и расширенную зону действия с радиусом до нескольких километров. Это и привлекает внимание разработчиков, занимающихся совершенствованием технических характеристик технологии LoRa для бизнес-моделей. В статье не только обсуждаются особенности одного из самых альтернативных проектов IoT – технология LoRaWAN, которая привлекает не только низкой стоимостью, но и низким энергопотреблением, но и открытостью к созданию бизнес-моделей, широкий масштаб охвата, предполагаются основные преимущества услуг и возможностей технологии LoRaWAN.

Ключевые слова: IoT, беспроводная технология, LoRaWAN.

УДК 622.281 (574.32)

U.Y. Abekov, V.F. Dyomin

SUPPORT OF CONTOURS OF ROADWAYS IN UNSTABLE ROCKS

Abstract. A method of mining in areas with unstable enclosing rocks using a polymer anchor is described. The design of the proposed type of anchor is shown. The results of the measured rock deformations are given depending on the type of fastening of the mine. Included are data on testing the proposed construction of the polymer anchor for the conditions of the Saranskaya mine. The advantages of using composite polymer anchors are indicated.

Key words: roadways, rocks, polymer anchor, dome formation, fixing ampoules.

У.Е. Абеков, В.Ф. Демин
(Karaganda State Technical university
E-mail: ulan_abekov@mail.ru, vladfdemin@mail.ru)

КРЕПЛЕНИЯ КОНТУРОВ ВЫРАБОТОК В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ

Аннотация. Приведен способ ведения горных работ в зонах с неустойчивыми вмещающими горными породами с применением полимерного анкера. Показана конструкция предлагаемого типа анкера. Приведены результаты измеренных деформаций горных пород в зависимости от вида крепления выработки. Включены данные по апробации предложенной конструкции полимерного анкера для условий шахты «Саранская». Указаны преимущества использования составных полимерных анкеров.

Ключевые слова: горные выработки, горные породы, полимерный анкер, куполообразование, закрепляющие ампулы.

Введение

При проведении горных выработок встречаются зоны с неустойчивыми вмещающими породами. При этом применяются различные технологические решения для закрепления массива вмещающих пород, в том числе с помощью анкерного крепления, исключающие куполообразование и повышающие безопасность ведения горных работ.

Недостатком указанной конструкции анкера является трудоемкость его установки в зонах с неустойчивыми породами кровли.

Предлагается использовать полимерный анкер, включающий стержень из арматуры винтового профиля, устанавливаемый в шпур с размещенными в нем ампулами с закрепляющей смесью, опорную демпферную тарельчатую шайбу, закрепляющую полусферическую гайку [2].

Недостатком указанного анкера является то, что сталеполимерный анкер по своему составу не может «работать» как временная крепь, поддающаяся разрубки исполнительным органом комбайна.

Технический результат: предотвращения куполообразования, повышения техники безопасности при установке анкерной и рамной крепей.

Методы

Технический результат достигается за счет того что, установленный в шпур устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер, с быстрым временем схватывания ампул с закрепляющим составом скрепляет породно-угольные слои, предотвращает куполообразования, а также уменьшает газовыделения из трещин кровли [3].

Сущность предлагаемого анкера поясняется чертежами: рисунок 1,а –общий вид устройства крепления контуров выработки [4] в неустойчивых горных породах-составного анкера; рисунок 1, б – узел А – соединительная муфта (в разрезе); рисунок 1, в – сборный узел соединения пластмассовой и стальной частей устройства крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составного анкера с соединительной муфтой;

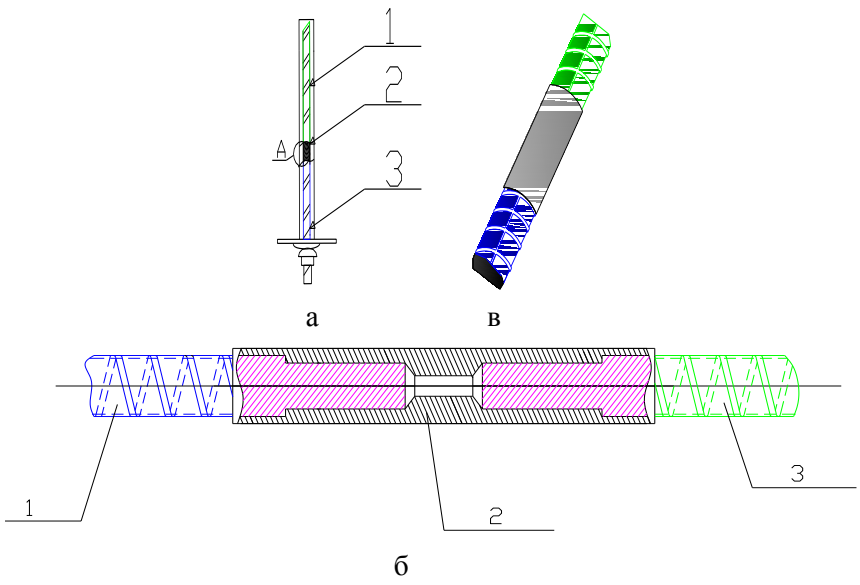
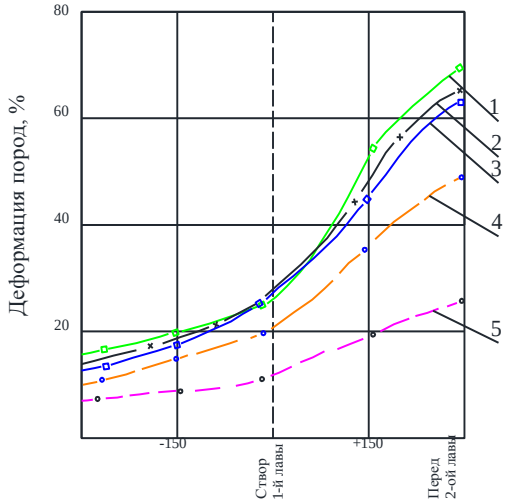


Рис.1. Конструкция полимерного анкера

Отличается устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах – составной анкер – тем, что состоит на треть его длины из пластикового стержня со стороны устья шпура [5] и двух третей длины со стороны забоя шпура – сталеполимерного стержня 1, соединенных муфтой 2. Установка устройства крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составного анкера, состоящего из стальной арматуры 1, соединительной муфты 2, пластикового стержня анкера 3, осуществляется следующим образом. В пробуренный в горном массиве [6] шпур вводят ампулы с химическим скрепляющим составом (условно не показаны), следом устанавливают устройство крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составной анкер, который монтируется под проектный уровень кровли [7] под углом $35–45^0$, наперед наклоненный для подхватывания неустойчивых пород кровли впереди забоя подготовительной выработки), заполняя трещины неустойчивой кровли, не допуская возможности расслаивания горных пород и куполообразования.

Результаты

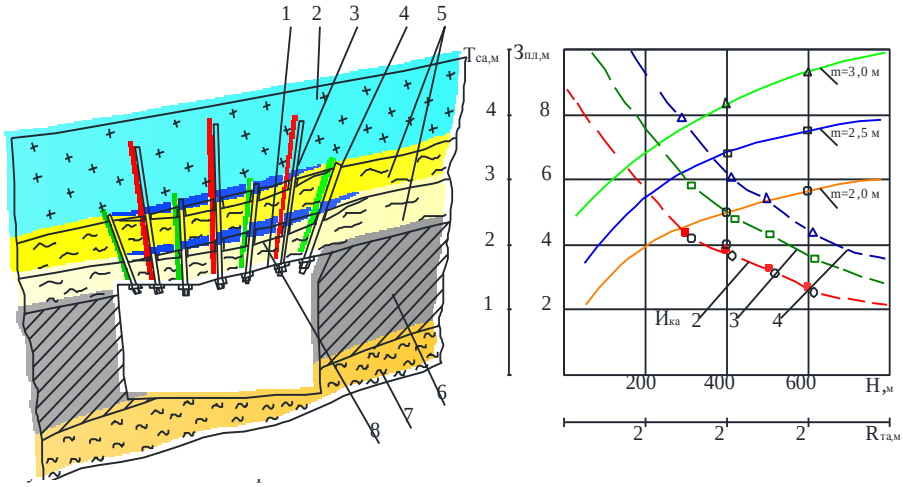
На рисунке 2 представлены результаты усредненных замеров по деформациям пород [8] в зависимости от вида крепления выработки.



1 - конвергенция вертикальная;
2 - выработка закреплена анкерной крепью;
3 - выработка закреплена комбинированной (МАК и анкерная);
4 - выработка закреплена МАК, анкерной 2-х уровневой крепью;
5 - сближение боков выработки.

Рис. 2. Деформации пород в зависимости от вида крепления выработки

На рисунке 3 представлено определение зон пластических деформаций в кровле выработки [9] в зависимости от мощности пласта и плотности установки анкеров, а на рисунке 4 – соответственно – глубина анкерирования вмещающих пород за контуром выработки.



1 - придание кровли выработки формы, по породам на пластования;
2 - породы основной кровли;
3 - анкеры глубокого заложения (с обеспечением необходимой плотности крепления по ширине кровли выработки);
4 - стальные анкеры;
5 - породы непосредственной кровли;
6 - угольный пласт;
7 - породы непосредственной почвы;
8 - расстояние (трещинообразование) в малопрочный и неустойчивых вмещающих породах кровли.

Н - глубина работ;
Зпл - зона пластических деформаций, м;
м - мощность пласта, м;
Тсл - мощность слоя пород, м;
R- расстояние между тросовыми анкерами, м;
Ика - количество канатных анкеров, шт.

а б

а – от мощности пласта, б – от плотности установки анкеров в зависимости от глубины ведения работ, величины зоны пластических деформаций, мощности слоя пород, расстояния и количества канатных анкеров

Рис. 3. Определение зон пластических деформаций в кровле выработки

Предлагаемый анкер был апробирован в условиях 5 восточного полевого откаточного штрека восточного блока шахты «Саранская» (бывшая шахта «Актасская») Карагандинского угольного бассейна [10].

Засечка забоя и далее по трассе проведения выработки до ПК6, кровля и почва представлена песчаником. Наличие нарушения паспорта крепления не наблюдается, крайне опасных показаний реперных станций не наблюдается. Шаг крепи через 0,75 с бурением 15 сталеполимерных анкеров (СПА) на 1,33 пог. м.

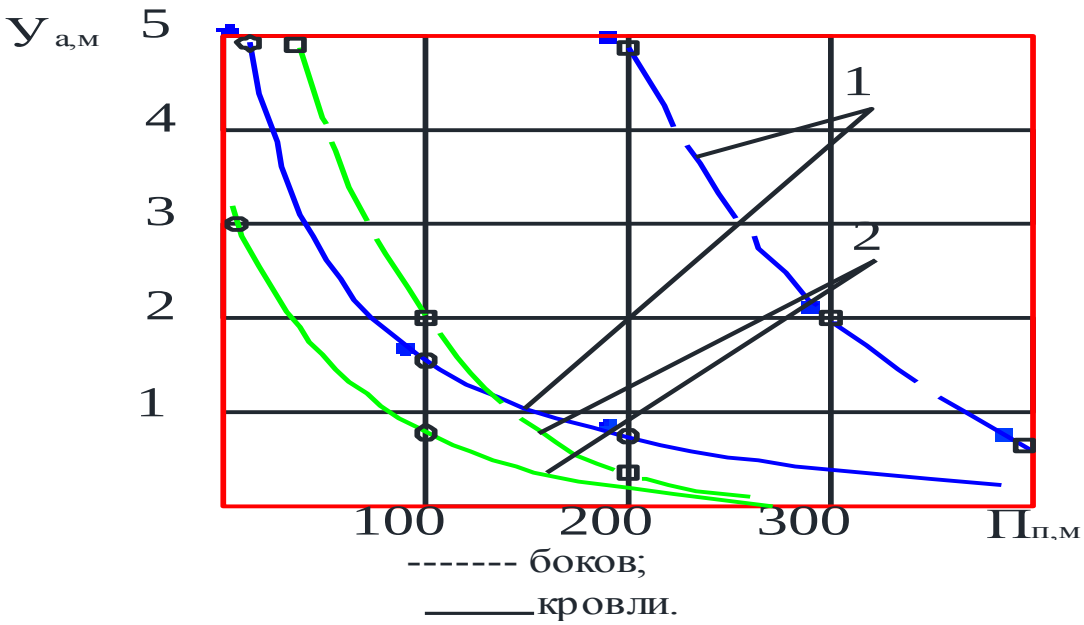


Рис. 4. Глубина анкерирования вмещающих пород за контуром выработки

Далее с ПК 6 и до ПК10, откорректирован паспорт крепления через 1 пог. м и бурением 11 СПА, в связи с входа забоя по твердым песчаникам. Наличие нарушения паспорта крепления не наблюдается, крайне опасных показаний реперных станций не наблюдается.

С ПК29 - ПК38, изменен паспорт крепления, с установкой 2-х рам на 1 пог. м и бурением 15 СПА, в связи с неустойчивой кровлей (слоистый аргиллит, углистый). С приближением к пласту $к_5^3$ в этой зоне наблюдается деформации металлоарочной крепи, скручивание стоек крепи, изгибы верхняков, а также разрывы сталеполимерных анкеров (срыв гайки, разрыв и выпадение анкерного стержня, деформация затяжек и провисание пород крови выдавливание опорных плиток) имеется поддутие пород почвы, наличие куполов, изменение угла выработки относительно забоя выработки.

Обсуждение

Технология анкерно-рамной крепи [11] , является наиболее надежной с точки зрения безопасности, а также быстрым подхватом обнаженной кровли, в зонах с неустойчивой кровлей ПК28 - ПК38, откорректирован паспорт крепления с бурением ряда опережающих сталеполимерных анкеров под 45^0 на забой выработки. Эта технология позволяет избежать куполообразования, но возникает другая проблема, по наблюдениям с ПК28 - ПК39, зона неустойчивой кровли, выработка посажена под гладкий прослой аргиллита, (отсутствует прямолинейность) это связано со сложностью бурения опережающих сталеполимерных анкеров [12], невозможностью зарубки комбайна исполнительного органа под опережающие анкера. В таких сложных горно-геологических условиях, бурение составного анкера из пластиково-металлического стержня (арматуры), является наиболее удобным при разрубке комбайном по забою.

Новизна анкера заключается в составной части из арматуры и пластикового стержня, что позволяет усилить верхние породно-угольные слои кровли, в которой будет работать несущая способность именно верхняя часть сталеполимерного анкера.

В отличие от составного катанного или сталеполимерного анкера, составной пластиково-сталеполимерного анкер, легко подается зарубке комбайном, не оставляет «торчунов» от анкеров, а верхняя часть анкера укрепляет верхний слой пород кровли.

Применение способа крепления устройствами крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составными анкерами с закрепляющими ампулами с быстрым временем схватывания (15-20 сек.) и с пластиковой нижней частью анкера не допускает образования куполообразования, не мешает за продвижением забоя по выемке и отгрузке горной массы, и легко разрушатся проходческим комбайном [13].

Для обеспечения высоких темпов проведения и безремонтного поддержания подготовительных выработок [14], особенно в зонах геологических нарушений и повышенного горного давления, в настоящее время проводятся дополнительные работы по возведению крепей усиления и упрочнению угле-породного массива. Эти мероприятия требуют достаточной трудоемкости и дополнительных материальных затрат, а также снижают темпы подвигания очистных работ. Возможным оптимальным решением проблемы является крепление подготовительных выработок устройствами крепления контуров выработки в неустойчивых горных породах-составными анкерами. Это позволит значительно повысить темпы [15], снизить расходы на проведение и поддержание подготовительных выработок, создает безопасные условия во время ведения горных работ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] А.П. Широков, Теория и практика применения анкерной крепи. – М.: Недра, 1981.- с. 30-32.

[2] Технология крепления горных выработок полимерными анкерами. – М.: НПЦ «Технология и оборудование», 2005. – 3 с.

[3] Демин В.Ф., Сон Д.В., Демина Т.В. и др. Сталеполимерный анкер. Инновационный патент № 22060, опубл. в бюл.12, 2009, 15.12.2009.

[4] Некрасовский Я.Э., Колоколов О.В. Основы технологии горного производства. – М.: Недра, 1981. – с. 8-16.

[5] Бурчаков А.С., Гринько Н.К., Ковальчук А.Б. Технология подземной разработки пластовых месторождения полезных ископаемых. – М.: Недра, 1978. – с. 24-25.

[6] Головач А.А., Куптель Г.А., Яцковец А.И. Физика горных пород. – Минск, 2013. – с. 70.

[7] Бурчаков А.С., Малкин А.С. Проектирование предприятий с подземным способом добычи полезных ископаемых. – М.: Недра, 1991. – с. 47.

[8] Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. – М.: Недра, 1984. – с. 10-42.

[9] Квон С.С., Роот Э.Г., Демин В.Ф., Кушеков К.К. Проблемы разработки маломощных и сложноструктурных пластов Карагандинского бассейна. – Караганда, 2003. – с. 323.

[10] Мустафин М.Г., Зеленцов С.Н., Кузнецова Е.И., Рожко А.А. Проблемные вопросы сдвижения горных пород. // Записки горного института, Санкт-Петербург, 2010. – с. 227-230.

[11] Демин В.Ф., Исабек Т.К., Барсуков С.В., Ивадилинова Д.Т. Проявление горного давления при использовании анкерного крепления выработок на шахтах Карагандинского угольного бассейна. // Международная научно-практическая конференция «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана», КазНАЕН, Алматы, 2019. – с.

[12] Демин В.Ф., Абеков У.Е., Ивадилинова Д.Т. Technological schemes, methods, types and facilities for supporting mine working contours in complicated mining and geological operational conditions // «Горный журнал Казахстана», №8, 2019 г. – с. 42-46.

[13] Рыбак А.С., Богданов С.М., Никулин И.Б. Теоретические положения управления инвестиционным проектом по добыче полезных ископаемых. // Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2015, Вып.2. С. 100-109.

[14] Ефимов В.И., Никулин И.Б., Рябов Г.Г. Перспективы развития добычи угля в Кузнецком бассейне. // Известия ТулГУ, Науки о Земле, 2015, Вып.1. с. 101-108.

[15] Рыжкова Т.В. Теоретические аспекты экономической оценки эффективности деятельности предприятий. // Лесной вестник, №4, 2013. с.201-205.

Абеков У.Е., Демин В.Ф.

Тұрақсыз тау жыныстарында кен қазбаларын бекіту

Түйіндеме. Полимерлі анкер көмегімен тұрақсыз қоршау жыныстары бар учаскелерде тау-кен әдісі сипатталған. Ұсынылған анкер түрінің дизайны көрсетілген. Өлшенген тау жыныстарының деформацияларының нәтижелері шахтаның бекіту түріне байланысты беріледі. Саран кенішінің жағдайына полимерлі анкердің ұсынылған дизайнын сынау туралы мәліметтер енгізілген. Композиттік полимерлік анкерді қолданудың артықшылықтары көрсетілген.

Түйінді сөздер: шахта қазбалары, тау жыныстары, полимерлі якорь, күмбез қалыптастыру, ампулаларды бекіту.

УДК 536.423.1

A.A Genbach., D. Yu Bondartsev, A.R. Abilov
(Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

STUDY OF INFLUENCE OF MATERIAL OF POROUS COATINGS ON HEAT EXCHANGE

Annotation: Coatings of low-heat-conducting mineral materials (quartz, granite, teshenite) of low porosity (3–30%) deposited on a metal substrate (copper or corrosion-resistant steel using a supersonic torch) are considered. High forced heat transfer is ensured by the combined action of capillary and mass forces. The heat fluxes supplied to the surface, the time of their impact on the creation of destructive stresses, the dimensions of the detached particles and the depth of penetration of the temperature wave into the substrate are determined. Heat fluxes were calculated from the time of the explosive appearance of the first nucleus (10^{-8} s) to the time of destruction of materials (10^2 - 10^3 s), from the relaxation time to the time describing the macro process.

A comparative assessment of the studied capillary-porous system (mesh structures and coatings) with boiling in a large volume, thin-film evaporators and heat pipes with the use of heat transfer intensifiers was provided. A comparative assessment of capillary-porous structures and coatings showed their advantages over other cooling systems. The investigated limiting possibilities of various capillary-porous coatings are presented. High forced heat transfer is ensured by the combined action of capillary and mass forces. It is shown that the results of theoretical calculations and experimental data are in good agreement. Capillary - porous systems have high intensity, high heat transfer ability, reliability, compactness.

Key words: cooling system, capillary-porous structures, capillary-porous coatings, heat pipes, boiling crisis.

А.А. Генбач, Д.Ю. Бондарцев, А.Р. Абилов
(Алматинский Университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
Алматы, Казахстан, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕПЛООБМЕН

Резюме. Рассмотрены покрытия из низкотеплопроводных минеральных материалов (кварца, гранита, тешенита) невысокой пористости (3–30%), нанесенные на металлическую подложку (медь или коррозионностойкую сталь с помощью сверхзвукового факела). Высокая форсировка теплопередачи обеспечивается комбинированным действием капиллярных и массовых сил. Определены тепловые потоки, подводимые к поверхности, время их воздействия на создание разрушающих напряжений, размеры отрывающихся частиц и глубины проникновения температурной волны в подложку. Тепловые потоки подсчитывались от времени взрывообразного появления первого зародыша (10^{-8} с) до времени разрушения материалов (10^2 -10^3 с), от времени релаксации до времени, описывающего макропроцесс.

Дана сравнительная оценка исследованной капиллярно-пористой системы (сетчатые структуры и покрытия) с кипением в большом объёме, тонкопленочными испарителями и тепловыми трубами с учетом применения интенсификаторов теплопередачи. Сравнительная оценка капиллярно-пористых структур и покрытий показала их преимущества над другими системами охлаждения. Приведены исследованные предельные возможности различных капиллярно-пористых покрытий. Высокая форсировка теплопередачи обеспечивается комбинированным действием капиллярных и массовых сил. Показано, что результаты теоретических расчетов и экспериментальных данных хорошо согласуются. Капиллярно – пористые системы обладают высокой интенсивностью, большой теплопередающей способностью, надежностью, компактностью.

Ключевые слова: система охлаждения, капиллярно-пористые структуры, капиллярно-пористые покрытия, тепловые трубы, кризис кипения.

Введение

В настоящее время приобретают актуальность работы по изучению теплообмена и гидродинамических течений двухфазных потоков в мини – и макро каналах [1]. Это обусловлено необходимостью совершенствования систем жидкостного охлаждения элементов микроэлектроники и оптоэлектроники, мобильных устройств водородной энергетики, парокомпрессионных и адсорбционных тепловых насосов, холодильных машин, систем производства сжиженных газов. Все чаще при проектировании таких устройств используют высокоэффективные теплопередающие

устройства – тепловые трубы и термосифоны, в которых поверхности теплообмена испарителей оснащены мини-ребрами, микро канавками или капиллярно-пористым покрытием.

Наиболее эффективным способом интенсификации теплообмена при кипении является применение пористых металлических покрытий. Пористая структура образуется в результате напыления металлического порошка определенной зернистости на поверхности трубы. Проведенные исследования с помощью математической модели показали, что применение пористого покрытия на теплообменных поверхностях аппаратов существенно улучшает теплообменные и гидродинамические свойства аппарата [2].

Разработан ряд экспериментальных установок, которые позволяют исследовать интегральные характеристики теплопередачи: удельные тепловые потоки q, расходы жидкости и пара $m_ж$, $m_п$, распределение температурного поля по высоте и длине теплообменной поверхности [3-4]. Изучаются различные условия теплообмена: способ подвода охладителя, степень прижатия капиллярно-пористой структуры, способность подпитки структуры из микро артерий по высоте теплообменной поверхности, работа системы под давлением вплоть до кризисных явлений с пережогом стенки [5].

Представляет интерес дать сравнение интенсивности теплопередачи и предельного состояния поверхности (кризис кипения) при совместном действии капиллярных и массовых сил, с традиционными системами: кипение в большом объёме, тонкопленочными испарителями и тепловыми трубами [6-12], а так же оценить возможности механики разрушения поверхностей нагрева (охлаждения), покрытых капиллярно-пористыми структурами применительно к задачам прочности, ресурса и обоснования безопасной эксплуатации тепломеханического энергооборудования электростанций [13-15].

Экспериментальная часть.

Структуры могут выполнять моделирующую роль, так и служить в качестве высокоинтенсивной и форсированной системы охлаждения. Например, моделирующим материалом служат тешенитовые пористые покрытия, имеющие в 5 раз больший коэффициент линейного расширения, в 10 раз – более низкий коэффициент теплопроводности и примерно одинаковую температуру плавления по сравнению с энергетическими сталями. Они являются наиболее вязкими с пористостью до 30%.

Изучение кипения жидкости без пористой структуры показывает, что в случае приближения теплового потока к величине ~ $1x10^5$ Вт/м^2 резко увеличивается число центров парообразований, пленка жидкости «набухает». Паровые пузыри начинают взаимодействовать друг с другом, разрушаясь при меньших размерах. Основная доля тепла расходуется на испарение жидкости в пузыри. При наступлении критического режима пленка жидкости распадается на сфероидальные капли и не смачивает поверхность нагрева. Температура стенки начинает резко возрастать, вплоть до его прогара. Увеличение расхода жидкости не приводит к положительным результатам. Кризис наступает в тот момент, когда скорость испарения жидкости превышает скорость ее растекания по поверхности. Происходит высыхание пленки на периферии поверхности нагрева и стягивание ее к центру.

Следовательно, определяющим фактором кризиса кипения следует считать гидродинамическую обстановку в объеме и на поверхности сеток, которая, в свою очередь, зависит от вида структуры и организации подвода жидкости. За счет незначительного избытка жидкости (слабого недогрева и скорости потока), как показали визуальные наблюдения, стало возможным управлять паровым фронтом в объёме структуры и, прежде всего, разрушать скапливающиеся паровые образования.

В работе авторов [16] результаты проведения экспериментов представлены в виде графических зависимостей температуры в контрольной точке транспортной зоны на поверхности корпуса каждой исследованной тепловой трубы от времени испытаний τ и в виде зависимости термических сопротивлений ($R_{тт}$) от подводимой мощности при изменении угла наклона тепловой трубы относительно горизонта. На рисунках 1 и 2 представлена сравнительная оценка зависимости термических сопротивлений исследованной капиллярно-пористой системы охлаждения с тепловыми трубами с композиционными капиллярными структурами. Характеристики тепловых труб использованных в опытной партии, представлены в работе [16].

На сравнительных рисунках 1 и 2 приняты обозначения: ТТ1 – волокно Ø 50 мкм, порошок 80 мкм, пористость – 71%, толщина – 1 мм; ТТ2 – волокно Ø 50 мкм, порошок 80 мкм, пористость – 74%, толщина – 1 мм; ТТ3 – волокно Ø 30 мкм, порошок 40 мкм, пористость – 79%, толщина – 1 мм; ТТ4 – волокно Ø 30 мкм, порошок 40 мкм, пористость – 78%, толщина – 1 мм; ТТ5, ТТ6 – волокно Ø 50 мкм, порошок 80 мкм, пористость – 85%, толщина – 0,8 мм; ТТ7 – волокно Ø 30 мкм, порошок 40 мкм,

пористость – 83%, толщина – 0,8 мм; ТТ8 – волокно ∅ 30 мкм, порошок 40 мкм, пористость – 85%, толщина – 0,8 мм; ✚ – исследованная капиллярно-пористая система охлаждения, переходная область.

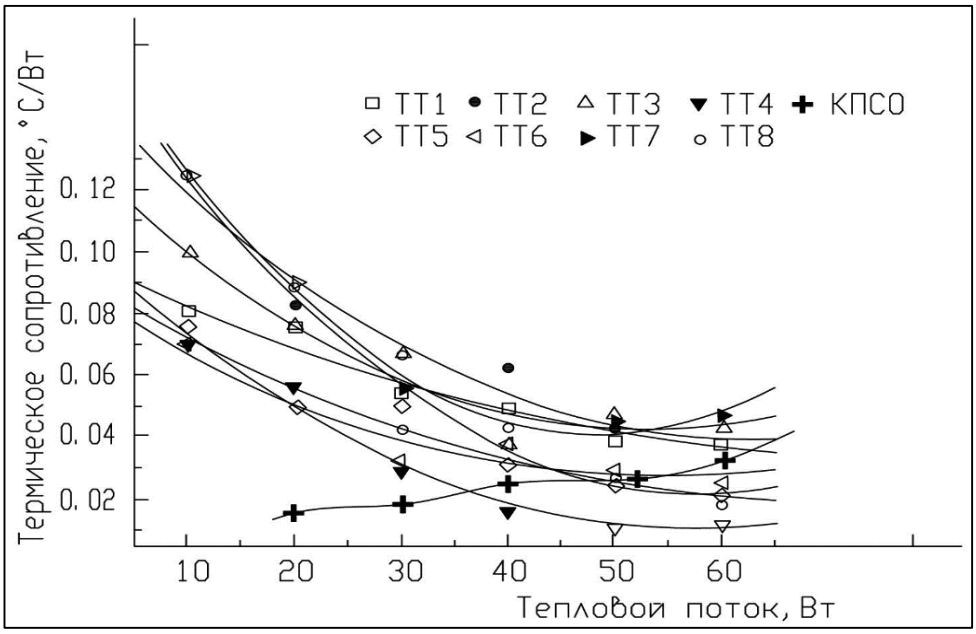


Рис. 1. Сравнение зависимости термических сопротивлений тепловых труб с композиционными капиллярными структурами от подводимого теплового потока при работе тепловой трубы в режиме термосифона (нагрев тепловой трубы – снизу) [16] с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения (✚).

Экспериментальное определение максимальных тепловых потоков, передаваемых тепловыми трубами не являлось целью настоящих исследований. Для оценки предельных тепловых потоков использованы известные зависимости [17-19].

Как видно из сравнительных рисунков 1-2, капиллярно-пористая система охлаждения является более эффективной, чем существующие тепловые трубы с композиционными капиллярными структурами.

В работе [18] авторами было исследовано влияние на тепловую эффективность различных типов интенсификаторов теплообмена (ленточные завихрители, спиральные проволочные вставки, оребрение). Авторы отмечают положительные эффекты от применения таких способов интенсификации теплообмена, однако мало внимания уделяют сложности реализации таких решений и неудовлетворительному опыту эксплуатации таких аппаратов.

Для охлаждения поверхности нагрева применялись следующие сетчатые КПС: 0,14; 0,08х0,55; 0,14х0,55; 2х0,55; 0,08х0,14х0,4; 2х0,28; 1х1, где число означает размер ячейки сетки на просвет, выраженный в мм. Пористость структуры составляла примерно 70%.

Максимальные тепловые нагрузки ($56x10^4$ Вт/м^2) были достигнуты для сетки $0{,}14x10^{-3}$ м, $54x10^4$ Вт/м^2 – для двухслойной сетки с размером ячеек $0{,}55x10^{-3}$ м, $60x10^4$ Вт/м^2 – для сетки с ячейкой $1x10^{-3}$ м при оптимальной величине расхода жидкости. Для анализа предельных возможностей $q_{кр}$ пористой системы по переносу энергии и вещества необходимо из уравнения $q_{кр}$ определить наибольшую высоту теплообменной поверхности h, при которой наступит гидродинамический кризис теплообмена [3-5].

На рисунке 3 показана сравнительная оценка исследований капиллярно-пористой системы охлаждения (4) с кривой в большом объёме (область 1), тонкопленочными испарителями (область 3) и областью работы тепловых труб (2). Система (4) расширяет предел отвода тепловых нагрузок, приближаясь к кипению жидкости в большом объёме, а в случае применения интенсификаторов – может отводить и большие тепловые потоки.

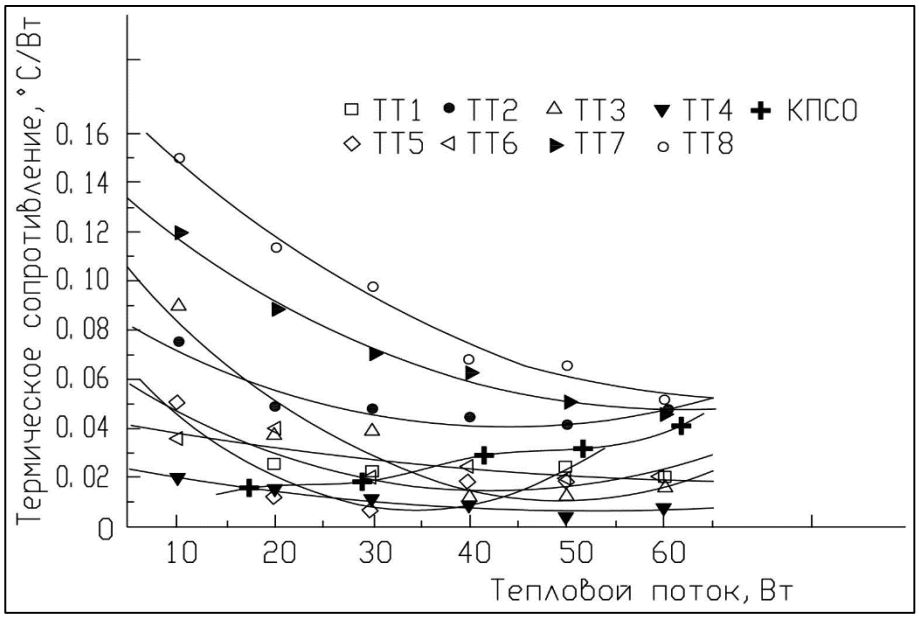


Рис. 2. Сравнение зависимости термических сопротивлений тепловых труб с композиционными капиллярными структурами от подводимого теплового потока при работе тепловой трубы в горизонтальном положении [16] с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения (✚)

Оценка перепада температур в пористой структуре необходима для устойчивой работы системы охлаждения. Такая оценка является достаточно сложной, что связано с трудностью определения эффективного коэффициента теплопроводности в момент кризиса кипения, зависящего от многих факторов, главными из которых являются наличие пароводяной смеси в пограничном слое, контактное сопротивление между скелетом структуры и стенкой и между элементами самого скелета, которое может изменятся от степени прижатия структуры к стенке и от изменения температурного уровня работы, что приводит к тепловому расширению проволоки сетки. К тому же в кризисном режиме толщина слоя жидкости является величиной неопределенной. Поэтому расчет величины $q_{кр}$ не может быть произведен аналитическим путем и являлся предметом экспериментальных исследований [3].

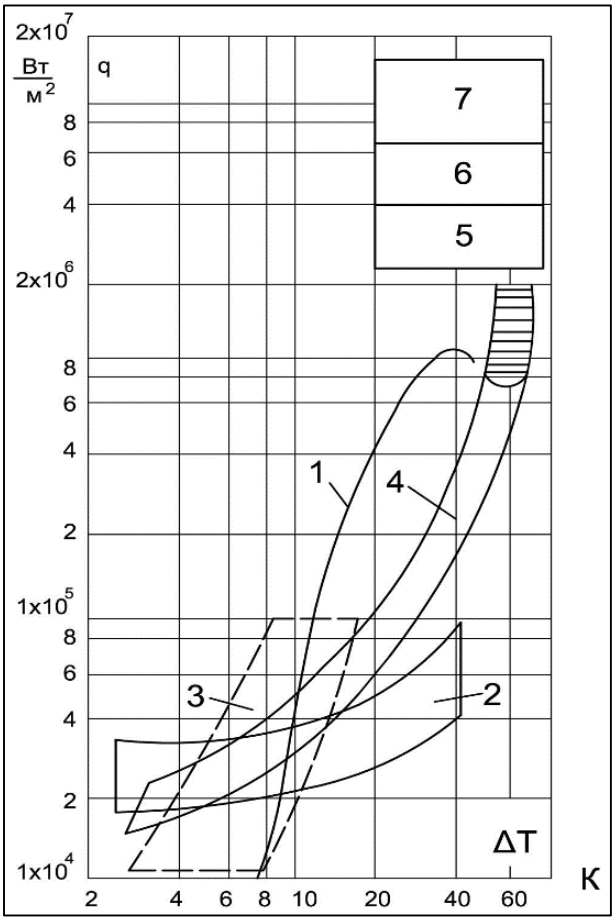


Рис. 3. Влияние плотности теплового потока на перегрев стенки относительно температуры водяного пара (1 - 4) (Р = 0,1 МПа): 1 – кипение в большом объёме на поверхности без покрытия [7-9, 19]; 2 – область работы тепловых труб [11-12, 16-18] с сетчатыми фитилями; 3 – область работы тонкопленочных испарителей [6]; 4 – исследованная капиллярно-пористая система охлаждения. Заштрихованная область – применение интенсификаторов в пористой системе [3-5]. 5, 6, 7 – предельные области тепловых нагрузок для естественных минеральных сред, не имеющих оплавление поверхности для тешенитных (5), гранитных (6) и кварцевых (7)

Для исследования теплопередающих возможностей капиллярно-пористой системы проводились опыты для структур, которые собирались из металлических сеток из нержавеющей стали марки 12Х18Н10Т (ГОСТ 12184-66) с различными размерами ячеек (таблица 1). Минимальный размер ячейки составлял $0{,}08x10^{-3}$ м, поскольку сетки с меньшим размерами не позволяют организовать развитого пузырькового кипения, закупориваются паровыми пузырями.

Таблица 1. Теплопередающие возможности исследованных капиллярно-пористых структур, тепловых труб и тонкопленочных испарителей.

Вид КПС	Тепловая нагрузка, $x10^4$ Вт/м^2					
	2	4	10	20	40	60
Предлагаемые структуры						
0,08x0,14x0,14	5,2	13,4	20,5	37,1	50	пережог стенки
0,55	6,5	16,4	22,7	53,3	61	пережог стенки
2x0,55	7,4	18,2	23,4	50,3	57	60
2x1	8,1	19,3	24,7	55,6	62,4	пережог стенки
Тепловые трубы						
0,08x0,14x0,14	2,5	10	40	пережог стенки		
2x0,55	не работоспособны					
Тонкопленочные испарители (без капиллярно-пористой структуры)						
	3,7	5,7	8	пережог стенки		

Наилучшие результаты достигнуты для капиллярно-пористой структуры вида 2x0,55, которая позволяет отводить наибольшие тепловые потоки при комбинированном действии массовых и капиллярных сил. Структура, составленная из одного слоя сетки $0{,}55x10^{-3}$ м, образует менее устойчивую пленку жидкости на поверхности, а в случае, когда число слоев сеток равно более двух, существенно возрастает перегрев стенки относительно температуры пара, что приводит к более раннему наступлению кризисных явлений. Для выявления влияния состояния теплообменной поверхности на теплопередачу при кипении смесевых хладагентов был создан и разработана методика эксперимента [20]. В опытах использовались гладкие медные трубы, трубы со стандартным оребрением, трубы с частично замкнутым объёмом (ЧЗО), полученным сгибанием ребер, и трубы с пористой теплообменной поверхностью, полученной методом спекания.

На рисунке 4 представлена зависимость коэффициента теплоотдачи от плотности теплового потока для труб с различным состоянием теплообменной поверхности [21].

При кипении на гладкой трубе можно выделить две зоны теплообмена: неразвитое кипение – q = 3000 Вт/м^2 и развитое – при больших значениях плотности теплового потока. Зона неразвитого кипения смещается в сторону меньших плотностей теплового потока при использовании труб со специальными теплообменными поверхностями. Так, для оребренных труб точка перегиба соответствует q = 2500 Вт/м^2, для труб с ЧЗО q = 2000 Вт/м^2, а для труб с пористой поверхностью даже при минимальных значениях q отмечается развитое кипение. С ростом давления область перехода к развитому кипению смещается в сторону меньших значений q.

Для сравнения приведены данные по кипению R12 на гладкой трубе (рисунок 4), которые в пределах погрешности эксперимента совпадают с данными по кипению смеси R22/142b (60/40) на той же трубе, хотя можно отметить несколько большую степень влияния q на α при развитом кипении.

Таким образом, предлагаемая капиллярно-пористая структура позволяет в шесть раз расширить пределы отвода тепловых потоков по сравнению с такими эффективными теплообменниками, как тепловые трубы и тонкопленочные испарители, а также других поверхностей нагрева [21].

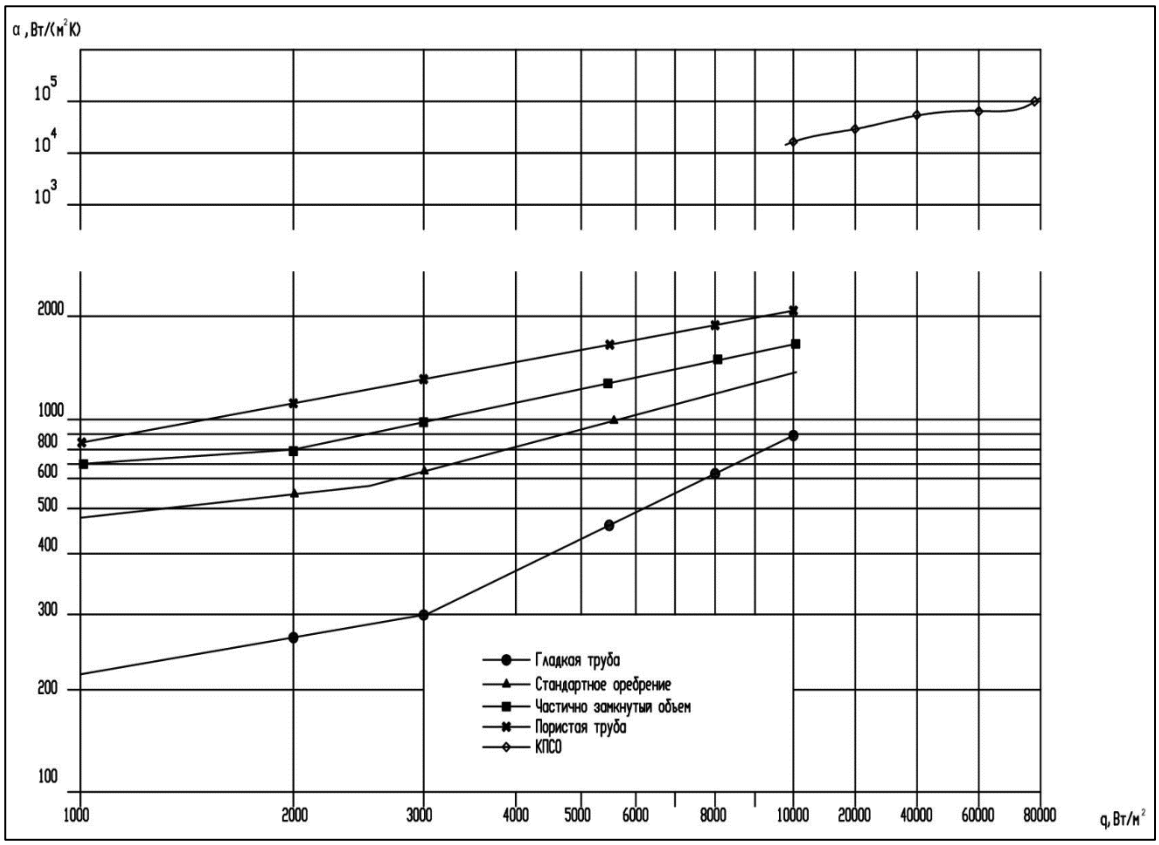


Рис. 4. Сравнение зависимости коэффициента теплопередачи от плотности теплового потока при P_o = 0,17 МПа для различных поверхностей теплообмена [21] с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения.

Выводы.

Дана сравнительная оценка исследованной капиллярно-пористой системы (сетчатые структуры и покрытия) с кипением в большом объёме, тонкопленочными испарителями и тепловыми трубами с учетом применения интенсификаторов теплопередачи. Исследованная капиллярно-пористая система, работающая при совместном действии капиллярных и массовых сил, имеет преимущество по сравнению с приведенными системами охлаждения. Приведен сравнительный график зависимости коэффициента теплопередачи от плотности теплового потока для различных поверхностей теплообмена: гладкая труба, стандартное оребрение, пористая труба, частично замкнутый объём с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения. Приведены сравнительные графики характеристик процесса парообразования для частично затопленной капиллярно-пористой структуры, термических сопротивлений тепловых труб с композиционными капиллярными структурами, влияния стесненности на перегрев поверхности при кипении в капиллярно-пористой структуре, зависимости плотности теплового потока от перегрева теплоотдающей поверхности с капиллярно-пористой системой охлаждения.

В перспективе требуется расширить исследования по другим естественным минеральным средам.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Накоряков В.Е. Тепломассообмен при фазовых переходах и химических превращениях в микроканальных системах / В.Е. Накоряков, В.В. Кузнецов // Тр. 4-й РНК/– Москва: Рос. акад. наук, Моск. энергет. ин-т., 2006. – Т. 1. – С. 33-37.

[2] Дементьев А.И., Подоплелов Е.В., Антонов Л.А., Корчевин Н.А. Математическая модель тепловых процессов в слое пористого металлического покрытия // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. Иркутский государственный университет путей сообщения. – 2015. – №2 (46). – С. – 65-68.

[3] Alexander A. Genbach, David Yu. Bondartsev, Iliya K. Iliev. *Thermal Science*. 2019, Volume 23, Issues 2, Pages 849 – 860. https://doi.org/10.2298/TSCI171016139G

[4] Genbach A.A., Bondartsev D.Y. Modeling of thermal stresses destroying the porous coating of heat-exchange surfaces of power plants. *Power engineering: research, equipment, technology*. 2019;21(3):117-125. https://doi.org/10.30724/1998-9903-2019-21-3-117-125

[5] Genbach A.A., Bondartsev D.Yu. Experimental method of investigation of the heat transfer crisis in a capillary-porous cooling system // News of the academy of sciences of the RK. – Vol. 2, №4 (28). – P. 81-88.

[6] Jamialahmadi M., et al. Experimental and Theoretical Studies on Subcooled Flow Boiling of Pure Liquids and Multicomponent Mixtures, Inter // J Heat Mass Transfer. – 2008. – Vol. 50. – P. 2482-2493.

[7] Ose Y., Kunugi T. Numerical Study on Subcooled Pool Boiling // Progr. In Nucl. Sci. and Technology. – 2011. – Vol. 2. – P. 125-129.

[8] Krepper E., et al. CFD Modeling Subcooled Boiling-Concept // Validation and Application to Fuel Assembly Design, Nucl. Eng. and Design. – 2007. – Vol. 7. – P. 716-731.

[9] Ovsyanik A.V. Modelling of Processes of Heat Exchange at Boiling Liquids (in Russian) // Gomel State Technical University named after P.O., Sukhoy, Gomel, Belarus. – 2012. – Vol. 8. – P. 89-97.

[10] Alekseik O.S., Kravets V.Yu. Physical Model of Boiling on Porous Structure in the Limited Space // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2013. – Vol. 8. – P. 26-31.

[11] Ковалев С.А. Испарение и конденсация в тепловых трубах / С.А. Ковалев, С.Л. Соловьев. – Москва: Наука, 1989. – 112 с.

[12] Поляев В.М., Майоров В.А., Васильев Л.Л. Гидродинамика и теплообмен в пористых элементах конструкций летательных аппаратах. – М.: Машиностроение, 1998. – 168 с.

[13] Kupetz M., Jeni Heiew E., Hiss F. Модернизация и продление срока эксплуатации паротурбинных электростанций в Восточной Европе и в России // Теплоэнергетика. – 2014. №6. – С.35-43.

[14] Гринь Е.А. Возможности механики разрушения применительно к задачам прочности, ресурса и обоснования безопасной эксплуатации тепломеханического энергооборудования // Теплоэнергетика. – 2013. – №1. – С. 25-32.

[15] Антипов Ю.А., Шаталов И.К., Собенников Е.В., Белова Е.В. Вестник Российского Университета Дружбы Народов. – Серия: Инженерные исследования. – 2013. – № 13. – С. 16-20.

[16] Косторнов А.Г., Шаповал А.А., Мороз А.Л., Фролов Г.А., Шаповал И.В. Тепловые трубы с капиллярными структурами на основе композиционных градиентных материалов для теплообменных систем космического и авиационного назначения // Космическая наука и технология. – 2009. – Т.15., №2. – С. 69-79.

[17] Воронин В.Г., Ревякин А.В., Сасин В.Я., Тарасов В.С. Низкотемпературные тепловые трубы для летательных аппаратов. – М.: Машиностроение, 1976. – 200 с.

[18] Кишкин А.А., Краев М.В., Зуев А.А. Интенсификация теплообмена // Вестник СибГАУ. – 2005. – № 3. – С.130-134.

[19] Barthau G. Active nucleation site density and pool boiling heat transfer // Int. J. Heat Mass Transfer. – 1992. Vol. 35. – P. 271-278.

[20] Кузьмин А.Ю., Букин В.Г., Васильев В.Я. Экспериментальное исследование теплопередачи при кипении R407c в большом объёме // Низкотемпературные технологии XXI века: Сб. тр. II Междунар. науч. –техн. конф. к 300 летию Санкт – Петербург. – СПб., 2003. – Т. 2. – С. 232-235.

[21] Букин В.Г., Саид Ахмед эль Саид, Ахмед эль Рефаи Мохаммед Эмам. Результаты экспериментального исследования интенсификации теплообмена при кипении на трубах смесевого хладагента. Процессы и аппараты // Вестник АГТУ. – 2008. – №2 (43). – С. 179-184.

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.

Жылу алмасу кезіндегі порустық материалдардың әсерін зерттеу

Түйіндеме: Металл субстратқа (мыс немесе коррозияға төзімді болат үстірт фонарь) сақталған төмен кеуектілігі (3-30%) төмен жылу өткізгіш минералды материалдардың (кварц, гранит, тесенит) қаптамалары қарастырылады. Жоғары жылдамдықпен жылу беру капиллярлар мен масса күштерінің біріккен әсерімен қамтамасыз етіледі. Жер бетіне берілетін жылу ағындары, олардың деструктивті кернеулердің пайда болуына әсер ету уақыты, бөлінген бөлшектердің өлшемдері және температуралық толқынның субстратқа ену тереңдігі анықталады. Жылу ағындары бірінші ядроның жарылыс пайда болған кезінен бастап материалдардың жойылу уақытына (10^2 - 10^3 сек), релаксациядан макро процесті сипаттайтын уақытқа дейін есептелді.

Зерттелген капиллярлы-кеуекті жүйені (торлы құрылымдар мен жабындар) көп мөлшерде қайнатумен, жұқа қабатты буландырғыштармен және жылу құбырларымен жылуды күшейткіштерді қолдануды ескере отырып салыстырмалы бағалау берілген. Капиллярлы-кеуекті құрылымдар мен жабындарды салыстырмалы бағалау олардың басқа салқындату жүйелерінен артықшылықтарын көрсетті. Зерттелген әр түрлі капиллярлы-кеуекті жабындардың шектеулі мүмкіндіктері келтірілген. Жоғары жылдамдықпен жылу беру капиллярлар мен масса күштерінің біріккен әсерімен қамтамасыз етіледі. Теориялық есептеулер мен тәжірибелік мәліметтердің нәтижелері бір-бірімен сәйкес келетіні көрсетілген. Капиллярлы-кеуекті жүйелер жоғары қарқындылыққа, жоғары жылу өткізгіштікке, сенімділікке, ықшамдылыққа ие.

Түйінді сөздер: салқындату жүйесі, капиллярлы-кеуекті құрылымдар, капиллярлы-кеуекті жабындар, жылу құбырлары, қайнау дағдарысы.

ОӘЖ 65.011.56

M Adambaev, A. Bizhanova
([1]Kazakh Academy of transport and communications to them.Named after M. Tynyshpaev,
Almaty, Kazakhstan)

DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL TESTING OF TWO-CIRCUIT AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR THE TWO-STAGE GRINDING PROCESS

Abstract. This article examines the operation of a two-circuit automated control system in the process of two-stage ore crushing. Static and dynamic relationships were taken into account in the study of the production facility. It also provided for the practical application of the ore crushing process by the method of sound measurement with the improvement of the automatic control system of the chamber load. As a result, there is a significant reduction in economic losses of production.

Keywords: two-stage crushing process, two-circuit automated control system, correction algorithm.

М.Д. Адамбаев, А.С. Бижанова
(М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік коммуникациялар академиясы,
Алматы, Қазақстан Республикасы)

ЕКІ САТЫЛЫ ҰНТАҚТАУ ҮРДІСІНІҢ ЕКІ КОНТУРЛЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІН (АРЖ) ЖЕТІЛДІРУ ЖӘНЕ ӨНДІРІСТІК СЫНАУ

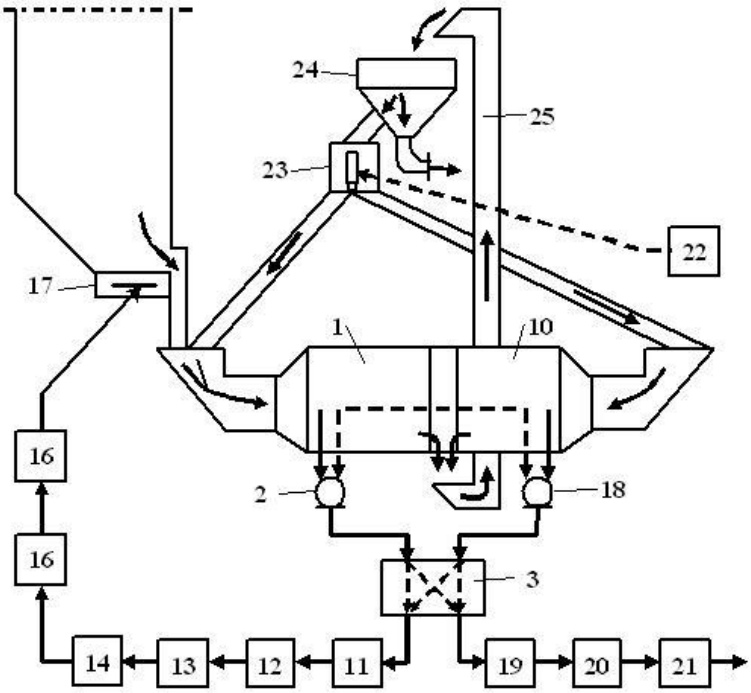
Аңдатпа. Бұл мақалада кенді екі сатылы ұнтақтау үдерісіндегі екі контурлы автоматтандырылған реттеу жүйесі жұмысы зерттеліп қарастырылды. Өндірістік нысанды зерттеуде статикалық және динамикалық өзара байланыстары ескерілді. Сондай-ақ, кенді ұнтақтау үдерісін дыбыстық өлшеу әдісімен камералық жүктемені автоматты бақылау жүйесін жетілдіре отырып оны тәжірибеде қолдану қарастырылды. Нәтижесінде өндірістің экономикалық шығыны анағұрлым азаятыны байқалады.

Кілтті сөздер: екі сатылы ұнтақтау үдерісі, екі контурлы автоматтандырылған реттеу жүйесі, коррекциялау алгоритмі.

Алдын-ала зерттеулердің нәтижелерінің негізінде мыналар алынды:

- жеке әрбір камераның жүктелу режимін реттеу қажеттілігіне негіздеме және басқарылатын әсерлер және басқарушы әсерлерді таңдау;
- нысандардың статикалық және динамикалық өзара байланысын ескеру;
- дыбыстық өлшем әдісін қолданумен камералар бойынша жүктемені автоматты бақылау жүйесін жетілдіру және сынау. Ол – зерттеліп отырған шарлы диірменнің камералар бойынша жүктемені екі контурлы АРЖ диірмен камераларының жүктелу режимдерімен сөзсіз байланысқан екі сигналды бөліп алуға мүмкіндік береді. Бірінші контур, бастапқы қорек кірістік шамасына әсер ете отырып, ірі ұнтақтау камерасының жүктелу режимін басқарады, ал екінші контур камераралық құмды жүктемені қайта тарату арқылы кіші ұнтақтау камерасының жүктелу режимін басқарады. [1] Екі контурлы АРЖ келесідей түрде жұмыс істейді (1-суретте).

I камера шуылы микрофон 2 арқылы қабылданады және кедергілерді компенсациялайтын блокқа 3 беріледі. I камераның жүктелу деңгейінің индикаторы болып табылатын тіркеуші аспап 11 арқылы кедергілерді компенсациялайтын блоктың шығысындағы 3 сигнал тек I камераның жүктелуімен ғана функциялық байланысқан электронды реттеуіш 12 және басқарушы магнитті күшейткіш 13 орындаушы механизмге 14 әсер етеді. Соңғысы, өз кезегінде, тұрақты ток қозғалтқышы 16 арқылы I камераға берілетін кірістік шикізаттың мөлшерін өзгерте отырып табақшалы қоректендіргіштің 17 айналу жиілігн өзгертетін күштік магнитті күшейткішті 15 басқарады. Кіші ұнтақтау камерасының шуылы 10 микрофон 18 арқылы қабылданады. Бұл сигнал кедергілерді компенсациялаушы блокқа 3 түседі және камераның жүктелу деңгейін көрсететін 10 тіркеуші аспап арқылы 19 электронды реттеуішке 20 өтеді. Сол жерден магнитті күшейткіш 21 және атқарушы механизм 22 арқылы сигнал элеватордың 25 көмегімен сепараторда 24 классификацияланған, I және II камераларының ұнтақтау өнімдері бағытталатын құмды жүктеменің 23 таратушы органына әсер етеді.

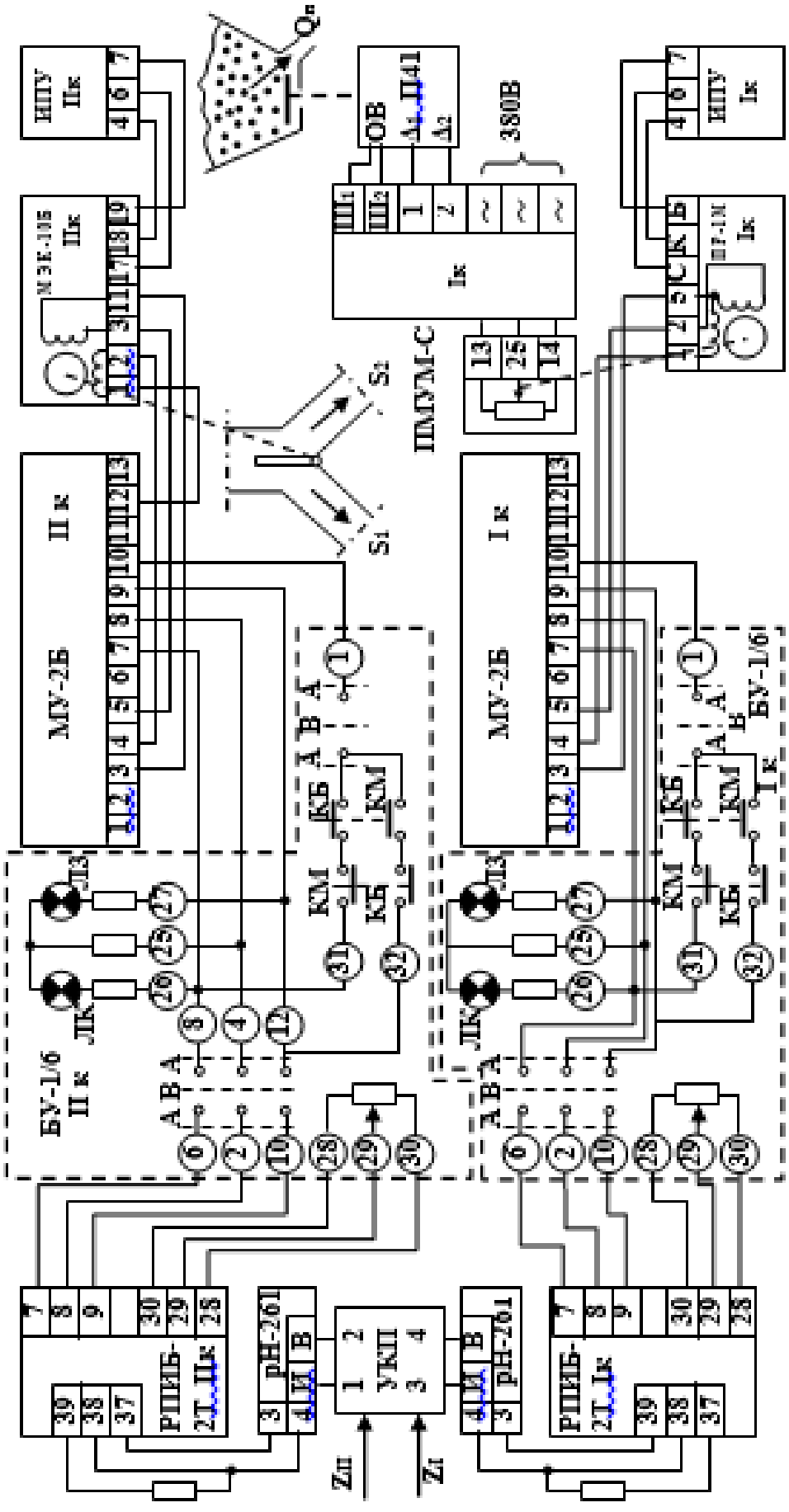


1-сурет. Екі контурлы АРЖ-ның блок-сұлбасы

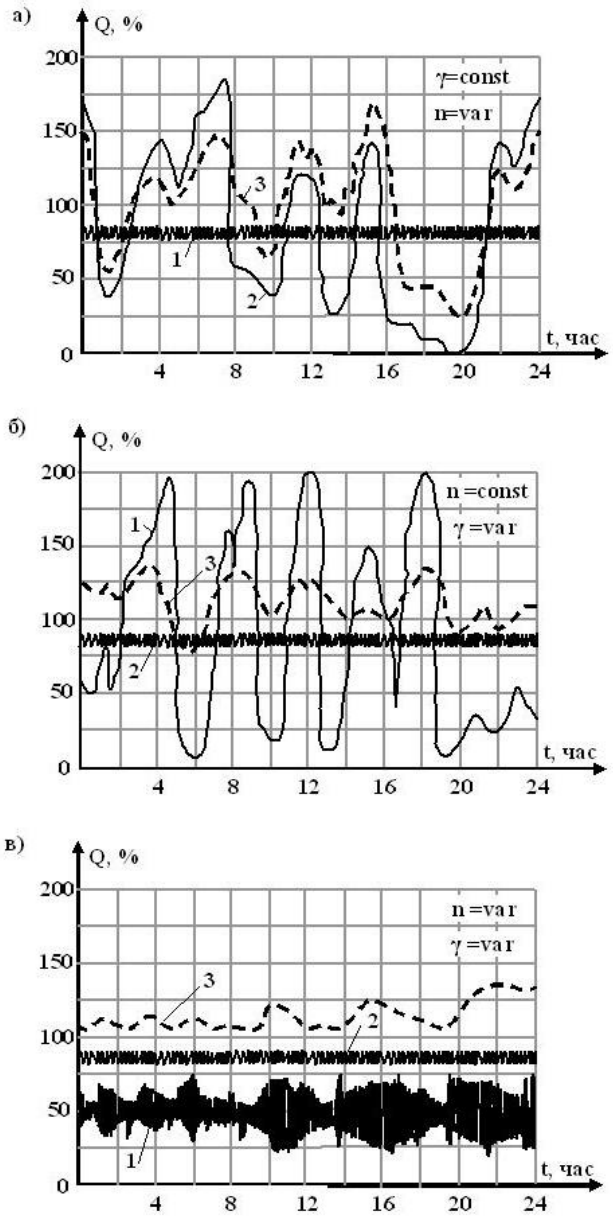
Жүйенің аппартуралық шешімдері, сыртқы жалғанулары, таңдалған аспаптар мен қондырғылардың типтері және маркалары 2-суретте көрсетілген. Реттегіштерді (С-0, 16) қоректендіру үшін жүйе қосымша тұрақталған кернеу көзіне ие, ал кедергілерді компенсациялау сұлбасын қоректендіру үшін және тіректік кернеуді қалыптастыру үшін – СН-І. Кедергіледі компенсациялау сұлбасының тіркеуші аспаптардың кірістерімен үйлестіру үшін соңғылары ретінде төменгі омды кірістерге ие автоматты потенциометрлерге қарағанда жоғарғы омға ие рН-метрлер (рН-261) таңдалды. Басқару блоктары (БУ-1/6) жүйені автоматты режимнен дистанционды режимге ауыстырып қосу үшін сәйкес батырмалардың көмегімен қызмет етеді. Одан басқа, оларға реттеу қозғалысының бағытын («көбірек», «азырақ») көрсететін сигналды шамдар және электронды реттеуіштердің берілістері енгізілген. Жүйенің орындаушы механизмдері білігінің (ПР-ІМ, МЭК-10Б) орналасуын қадағалау күй индикаторларының (ИПУ) көмегімен жүзеге асады. АРЖ-сін орнатқан кейін, жүйенің барлық элементтерін және үрдіске жүйені баптағаннан кейін [1, 2]-де ұсынылған мәліметтерге сәйкес үш түрлі нұсқада [2, 7] салыстырмалы сынақтар жүргізілді:

1. Тек ірі ұнтақтау камерасының жүктелу деңгейінің АРЖ-сы;
2. Тек кіші ұнтақтау камерасының жүктелу деңгейінің АРЖ-сы;
3. Диірменнің камералар бойынша жүктелуінің екіконтурлы АРЖ-сы.

Кенмен жүктелген диірменді реттеуші жүйелердің осындай технологиялық сұлбаларда тек ұнтақтаудың бірінші сатысында ғана тұрақтандыруды орындайтыны мәлім. Мұндай жүйелердің екі сатылы ұнтақтау режимін тұрақтандыра алмайтындығы жұмыста көрсетілген. 3-суретте тек біріншілік сатыда кірістік қорек көзінің шамасының өзгерісі жүктеменің тұрақтанған кезінде, камера арасындағы құмдық жүктеменің тұрақты қатынасы кезінде, яғни басқарудың екінші контуры сөнген кезінде диірменнің қосынды жүктелуінің (элеватордың жүктелуі) және камералардың жүктеме деңгейі өзгерісінің қисықтары берілген. Осыған орай біріншілік сатының жүктемесін тұрақтандыру кең шекте өзгеретін кіші ұнтақтау камерасының және элеватордың жүктелу деңгейін әлі де болса тұрақтай алмайтыны аңғарылады. Соңғы жағдай әртүрлі кен орындарынан жеткізілетін тұрақты шихталық кен, яғни кірістік кеннің ұнтақталымдылық қасиетімен түсіндіріледі. 3,а–суреттен көрініп тұрғандай кіші ұнтақтау камера жүктелуі 10 %-дан 180 %- ға өзгереді (2 қисық), ал элеватор жүктелуі 25%-дан 170%-ға өзгереді (3 қисық). Элеватор жүктелуі кіш ұнтақтау камера жүктелуіне еретінін (3 және 2 қисықтар) айта кетейік. Бұл жағдай осы параметрлер арасындағы жоғары корреляциялық байланысты растайды және элеватордың жүктелуі бойынша кеннің ұнтақталымдылық қасиетін жанама түрде білуге мүмкіндік береді.



2-сурет. Екіконтурлы АРЖ-ның сыртқы жалғануларының аппаратурасы мен сұлбасы



3,б-суретте бастапқы қоректің тұрақты шамасына немесе осы камераға берілетін, яғни басқарушы бірінші контурдың ажырауы кезінде, құмдық жүктеменің санының өзгерісімен уақтап ұнтақтаушы камера қосылуы АРЖ сынау мәліметтері келтірілген. Тек екінші кезеңнің (2 қисық), бірінші кезеңнің (1 қисық) және элеватордың (3 қисық) жүктелулері тұрақтануы кезінде осылайша белгілі шектерде өзгереді. 20.00-ден 4.00 сағатқа дейін ірілеп ұнтақтаушы камера жүктелуі 40%-дан 200%-ға өсті, келесі екі сағатта 15%-ға дейін төмендеді. Сағат 8.00-ге жақын часам поднялась до 185%-ға көтерілді және т.с.с. Бұл жағдайда суммалық жүктеме 80%-дан 140%-ға дейін өзгереді. Екінші нұсқада суммалық жүктеменің тербелісі төмендеді: 20-140% қарсы 25-170%-ға, бұл суммалық жүктемеге екінші кезеңнің қосылуы күшті әсер ететінін білдіреді. Осылайша бір кезеңнің қосылу тұрақтылығы екінші ұсақтау кезеңінің жұмысын тұрақтандыра алмайды, бұл заводты тек процестің бір кезеңінің екі кезеңдік ұсақтауында қосылу режимдерінің тұрақтанудың бар тәжірибесінде дұрыс емес ете алады.

Екі контурлы АРЖ-нің екі камерасының іске қосу сынау нәтижелері 3,в-суретте келтірілген. Бұл нұсқа камераны қосылу тұрақтылық түсінігі туралы жақсы нәтижені береді. Бірақ бұл жерде бір ерекшелік пайда болады, ірілеп ұнтақтау камерасының реттелуші өлшемінің тербеліс амплитудасы, бірінші нұсқаның нәтижесіне қарағанда автотербеліс жиілігі төрт есе өсті.

3-сурет. АРЖ үш нұсқасының сынау нәтижелері.
I - жүктеу I камералар; 2 - П камерасын жүктеу;
3 - элеватордың жүктелуі

Бұл жағдай мынаның жалғасы, яғни бірінші нұсқада АРЖ бірінші кезеңдік қосуды реттеу құмдық жүктемені тарату органының фиксацияланған жағдайында болған болатын, бастапқы кеннің ұсақталу қасиеті есебінен құмдық жүктеме шамасының өзгеруі болады. Бастапқы кеннің ұсақталу қасиеті баяу біртектілікке ие және бұл қысылу бірінші контурмен оңай компенсацияланады. Екі реттеу контурының жұмыс істеу кезінде бірінші контурдағы реттеу сапасының төмендеуі байланыстың қиылыстық каналы (осы жағдай үшін канал: шибер-трубоөткізгіш-бірінші камераның кірісі) бойынша екінші контур жұмысының зиянды әсер етуімен түсіндіріледі. Бірінші камераны қосу деңгейінің төмендеуінен жүйе бастапқы қорек көзін максимумға дейін жоғарлата береді, осының салдарынан мұндай пиктік жағдай болуы мүмкін, ал дәл сол уақытта екінші камераның қосу деңгейінің өсуіне байланысты екінші контур бастапқы қорек көзі шамасынан 150-350% -ға жететін және ұсақталуы біршама қиын материалдан тұратын бірінші кезеңдегі барлық құмды жүктемені дұрыстайды. Екі максималды ағындарды беттестіру орын алады, ол бастапқы қоректі минимумға дейін төмендете бастайтын бірінші контурдың реттелетін шамасына дереу әсер етеді. Әрі қарай кері процесс жүреді, ол қарама-қарсы пиктік жағдайдың туылуына әкелуі мүмкін. Бірінші контур екінші контурдың әсерімен анықталушы ауыр талаппен жұмыс істеп тұр, осы кезде амплитуда да және бірінші контурдың шығыстық сигналының жиілігі де лезде өсіп кетеді. Максималды тапсырылатын реттеуші контурлардың әсерін орнатқан кезде, бірінші контурдың шығыстық шамаларының тербелісі одан әрі өседі: басқаруды жоғалтқанша дейін – ірілеп ұнтақтау камерасының «құлдырау» авариялық жағдайына дейін.[7]

Бірінші камераның қосылу деңгейінің өзгеруі екінші камераның жұмыс режиміне әсер етпейді, ол келесі себептерге жүгінеді:

1. Бұл әсер үлкен емес амплитудаға ие, ол реттеуші бірінші контурдың сапалық көрсеткіштерімен анықталады;

2. Екінші камераның қосылу деңгейіне әсер ету үшін әсер бірінші ұнтақтау камерасынан өтеді, элеватор, сепаратор, трубоөткізгіш, осы кезде объектінің фильтрлеуші құрамы туралы айтылады, ол осы жағдайда оңтайлы роль атқарады;

3. Осы әсердің бөлігі дайын өнім ретінде жүйеден сепаратор арқылы алып кетіледі, бөлік ірілеп ұнтақтау камерасына ұсатылғанша дейін қайта келеді, ал қалған бөлігі екінші камераның кірісіне түседі.

Артынша, қысылу бірінші контурдан екінші контурға байланыстың қиылысу каналы бойынша үлкен емес амплитуданың біртекті сипаттамасын тасиды, сондықтан да басқарудың екінші контурымен жақсы компенсацияланады. Ол шығыстық шаманың тербеліс амплитудасына әсер етпейді деуге болады, бірақ автотербелістің жиілігі біршама өседі. АРЖ үш нұсқасын сынау кезінде элеватор жүктемесінің өзгеру қисығын салыстыру қорытынды жасауға мүмкіндік береді, ол қарастырылып отырған ретте диірменнің суммалық қосылуларының тұрақтылығы лезде өседі (3,а,б,в-суреттегі 3-қисық). Соңғысы жүйенің классификациялаушы элементтерінің жұмысын жақсартады, ал артынша дайын өнімнің гланулометриялық құрамының тұрақтылығын жоғарлатады (4-сурет). Кондинционсыз кластың пайыздық құрамын шашырату автоматты және қолмен басқару кезінде сәйкесінше 1,2% және 4% құрайды, ол кенді құнарландыру бойынша кезекті операцияларға оңтайлы әсер етеді [4].

Екі контурлы АРЖ-нің ұзақ сыналуы екі камералы шарлы диірменнің қосылуын көрсетті: кеннің ұсақталу қасиетінің кең түрде өзгертудің (минимумнан максимумға дейінгі кеннің ұсатылуын өзгерту уақыты шамамен 2-3 сағатқа тең, 3-суретті қараңыз) арты агрегаттың өнімділігі мағыналы (ескерілетін) шекте өзгереді (5-сурет). Бірінші контурдың тапсырмасын периодты түрде коррекциялау процесті басқару тиімділігін жоғарлату үшін талап етілуіне байланысты, және де екінші контурдың қалыпты жұмысы үшін жүйедегі циркуляциялаушы жүктеменің анықталған шамасын ұстап тұру керек. Жұмсақ кен үшін бірінші контурдың тапсырмасын жоғарлатқан жөн, ал қатты кен үшін - оны төмендету.

Осылайша, Екі контурлы АРЖ қолданумен процесті басқару тиімділігін жоғарлата беру үшін келесі екі тапсырманы шешу керек:

1. Бірінші контур тапсырмасын коррекциялау алгоритмін жасақтау қажет. Кеннің ұсақталу шамасы бойынша реттеу және осы алгоритмді техникалық жүзеге асыру.

2. Басқарудың екінші контурының жұмысынан біріншіге технологиялық канал бойынша қиылысу байланысының күшті зиянды әсерін компенсациялауға мүмкіндік беретін құрылғы жасақтау.

Бастапқы кеннің ұсатылуының өзгерісі бойынша АРЖ коррекция алгоритмі және техникалық жүзеге асыру. Осы сұрақты шешу үшін бастапқы кеннің ұсақталуының өзгерісімен тығыз байланысты сигнал болуы керек. Материалдың ұсақталуын элеватордың жүктемесі бойынша, бастапқы тұрақты қорек кезіндегі камераның қосылуының өзгеруі және АРЖ берілетін тұрақты әсері кезінде агрегаттың өнімділігінің шығыстық өзгерісі бойынша бақылауға(қарапайым техникалық жүзеге асыру мүмкіндігі) болады.Алғашқы екі әдіс екі контурлы АРЖ жұмысымен шектеледі, яғни осы шамаларды тұрақтандырады, бастапқы кеннің ұсақталу өзгерісімен байланысты агрегаттың өнімділігінің өзгерісі дайын өнімнің құрылысы токтық жетек бойынша оңай бақыланады. Өнімділікті салмақөлшеуіш құрылғыларды қолдану мен бақылау қанша дәл болғанымен әрбір диірмен үшін осы құрылғыларды орнатуда айтарлықтай шығын талап етеді, сондықтан да ұсақталуды бақылау дайын жанама параметр-өнімнің құрылысы ток жетегі бойынша жүзеге асырылады.

Кеннің ұсақталуының төмендеуі (қатты кен) кезінде циркуляциялық жүктеменің жоғарғы өсімі бақыланады. Оның өсуі ішкі камералық толудың жоғарылауына алып келеді. Бұл жағдайда камераларды толтырудың оптималды жаңа режиміне көшу үшін бастапқы қорек шамасын төмендету $Q_п$ -ден $Q_{п1}$ дейін $Q_{п2}$ (6-сурет) керек. Осы камераны материалмен толтыру режимінің оптималдылығы деп анықталған ұсатылу қасиеті бойынша кен үшін дайын өнім арқылы максималды өнімділік алу кезін айтады. Ішкі камералық қосылу дәрежесі шуыл датчик дыбыстық-метриалық *z* сигналымен байланысты. 6-суретте ішкі камералық толтырудың М және дайын өнімнің $Q_г$ шығысының тәуелділігі көрсетілген. $Q_г$ бастапқы қорек функциясындағы және кеннің ұсатылуы U яғни, $M=f(Q_п,U)$ *және* $Q_г= f(Q_п,U)$. Кеннің әртүрлі азаюы үшін дайын өнім бойынша максималды өнімділікке сәйкес $a_i(i= 1,2,3)$ нүктесінің проекциясын аламыз, оларға сәйкес келетін қисықтар $M=f(Q_п,U)$,онда анықталған ұсатылу қасиеті бар кен үшін дермен камерасын кенмен толтырулың оптималды дәрежесін сипаттайтын $b_i(i=1,2,3)$ нүктесін аламыз. Айнымалы ұсатылуы қасиеті бар кен үшін АВ сызығы ішкі толтыру камерасының тиімді режиміне сәйкес келеді. АБ сызығының күйі әртүрлі кенге байланысты кейбір шектерде өзгереді (6-суретте бұл аймақ үзік сызықпен көрсетілген).

АРЖ бастапқы қорек беру көзі Q_n ішкі камералық толтырудың дәрежесі АВ түзуінің теңдеуін қанағаттандыратындай өзгертуі керек:

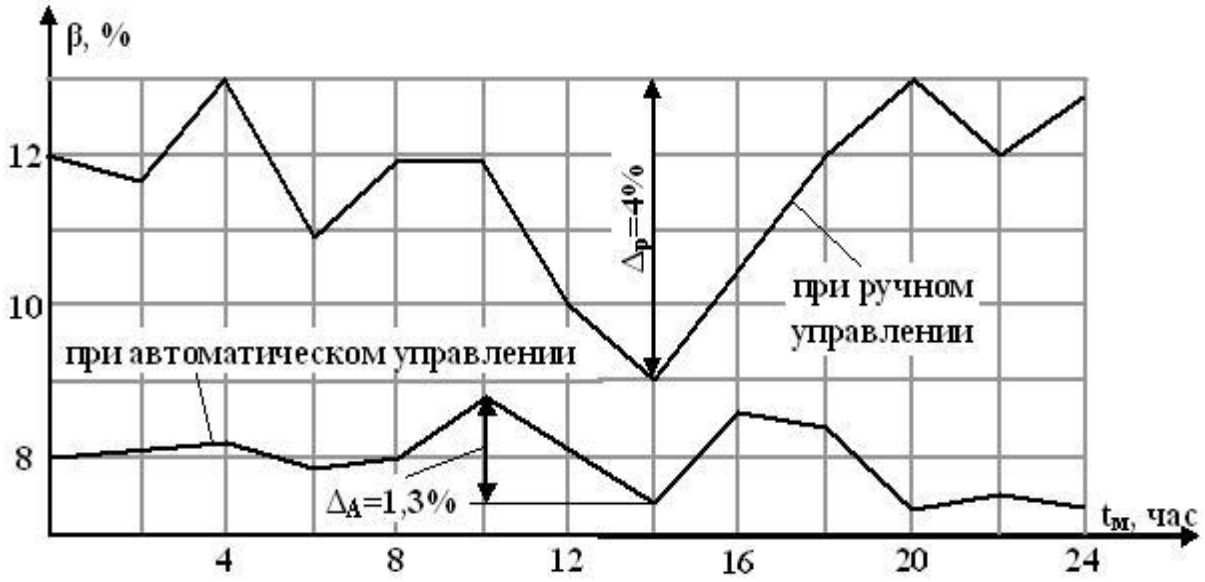
$$M=M_0-kQn, \quad (1)$$

мұндағы M_0 – ішкі камералық толтырудың бастапқы ординатасы;

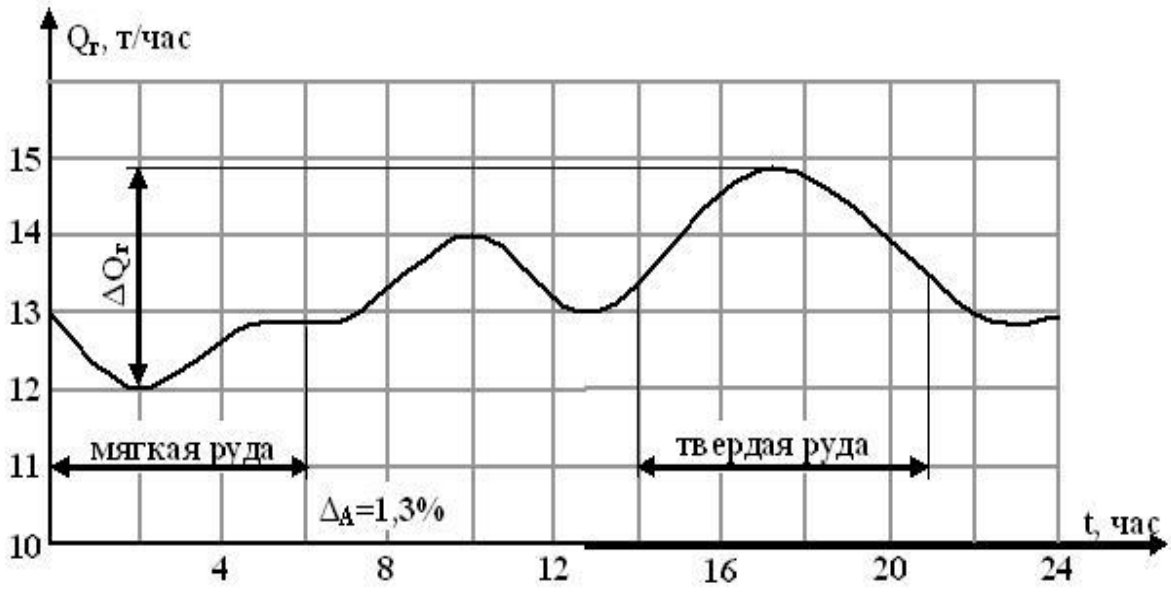
k - бұрыштық коэффициент.

Орныққан режимде жүйенің кірісі оның шығысына тең екенін ескеру қажет: $Q_n = Q_г$. Онда (1) осындай түрге келеді:

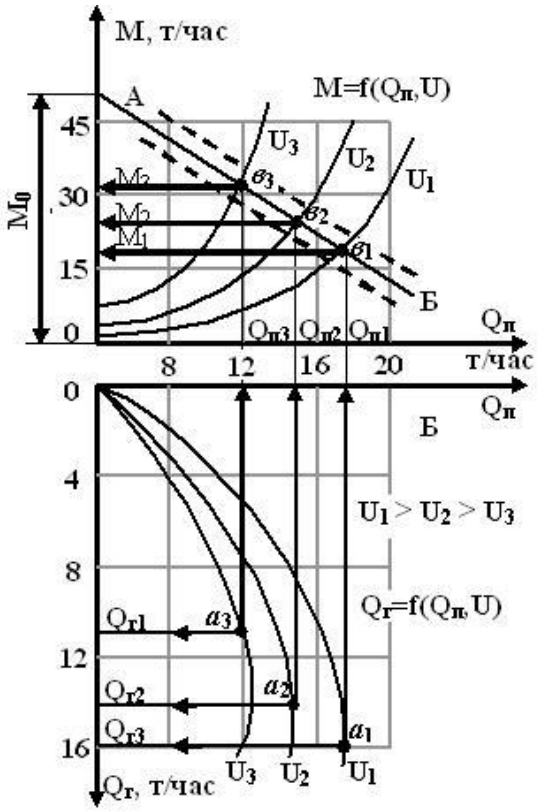
$$M=M_0-kQ_г, \quad \text{немесе} \quad (2)$$



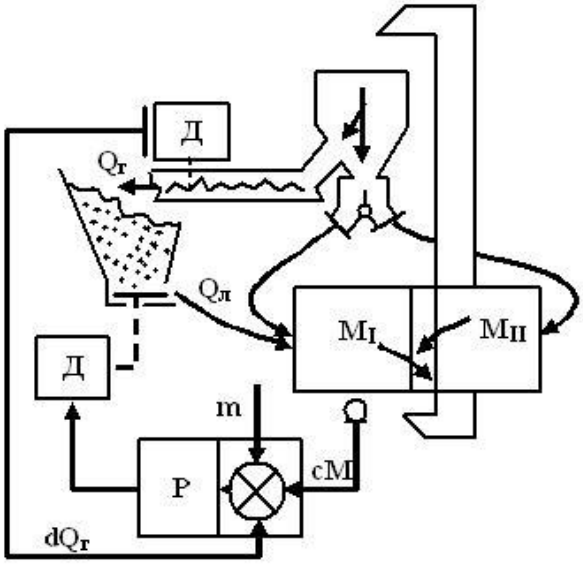
4-сурет. Дайын өнімдегі «Ұнтақ» мазмұны



5-сурет. Автоматты басқару кезінде өнімділік тербелісі



6-сурет. Ұсатылу қасиеті бойынша АРЖ коррекция алгоритмі негізіне сүйене отырып



7-сурет. Ұсатылу қасиеті бойынша АРЖ коррекция алгоритмінің жүзеге асу сұлбасы

$$M + kQ_r = M_0, \quad (3)$$

(3) өрнегі мына түрде жазылған

$$cM + dQ_r = m, \quad (4)$$

Бұл кеннің әртүрлі азаюы үшін ұсатылудың тиімді үдерісінің нышаны болып табылады [3,7].

Ұсынылып отырған реттеуіштің бірінші кезеңдік ұсатылуы коррекциялық әдісі (1 контур) кеннің ұсатылуының өзгерісі ескеріледі және келесідей шешілген. m шамасы бірінші кезеңінде АРЖ реттеуішіне тапсырма ретінде орнатылады (7-сурет), M шамасы шулы датчигінің сигналына пропорционал, ал Q_r шамасы дайын өнімнің құрылысына ток жетегіне пропорционалды. Барлық сигналдар (m, M, Q_r) бірінші контурдың электронды реттеуішінің кірісіне түседі. *c* және *d* коэффициенттері реттеуіштің өлшеуіш блогына бағытталады. Егер өрнектің сол жағы орнатылған тапсырмадан аз (немесе көп) болса, онда АРЖ бастапқы кеннің берілісін (4) теңдігі орындалғанша өсіреді немесе төмендетеді, ол кеннің ұсатылуының өзгерісі кезінде реттеуіштің автоматты коррекциясына сәйкес. Соңғысын ескере отырып бірінші контурды келесідей АРЖ ретінде классификациялауға болады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Ротач В.Я. Расчет настройки промышленных систем регулирования. -М.-Л.; Госэнергоиздат, 1961, 344 с.

[2] Планирование эксперимента в исследовании технологических процессов. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. -Москва., Мир, 2010. – 475 с.

[3] M.Adambaev. Use of the programmable logical controllers in studies technical specialties of higher educationin stitutions, Modern Science:Problems and Perspectives iset –International Center for Education & Technology, USA. 2014. –№4 p 337-341.

[4] Березин Ю.Л., Адамбаев М.Д., Утеев А.А. и др. Результаты промышленных испытаний системы автоматического управления режимов измельчения //Инф.бюлл. Сер."Промышленность горнохимического сырья", Вып.2,-М.: НИИТЭХИМ, 1973, с.39-41.

[5] Березин Ю.Л. Адамбаев М.Д., Шарипов Б.Ж. Промышленные испытания САР загрузки двухстадиального измельчения //Горное дело. Вып. 10.- Алма-Ата, I974, с.267-273.

[6] Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства.– Москва: «Энергия», 2006. -400 с.

[7] Адамбаев М. Д., Арынов А. К. Результаты промышленных испытаний двухконтурной системы управления процессом сухого двухстадиального измельчения //Вестник Казахского национального технического университета имени К. И. Сатпаева, № 2 (30)/2002. – Алматы, КазНТУ, 2002, с. 141 – 146.

Адамбаев М.Д., Бижанова А.С.

Разработка и промышленные испытания двухконтурной системы автоматического регулирования процессом двухстадиального измельчения

Резюме. В данной статье изучена работа двухконтурной автоматизированной системы регулирования в процессе двухэтапного дробления руды. При исследовании производственного объекта учитывались статические и динамические взаимосвязи. Также было предусмотрено практическое применение процесса измельчения руды методом звукового измерения с совершенствованием системы автоматического контроля камерной нагрузки. В результате наблюдается значительное снижение экономических потерь производства.

Ключевые слова: двухступенчатый процесс дробления, двухконтурная автоматизированная система регулирования, алгоритм коррекции

R.M. Azamat, Sh.A. Zhumatova, B.A. Khaniyev, M.B. Darmenkulova, E. Sagydolda
(al-Farabi Kazakh National University, Kazakhstan, Almaty
azamat_raihan@mail.ru)

PRODUCTION OF GAS SENSORS BASED ON POROUS SILICON

Abstract. In this work, we studied the sensitivity of porous silicon obtained by electrochemical treatment to ammonia vapors and lasers. The mechanism of the change in the permeability of porous silicon under the action of a laser and ammonia vapor is considered. The mechanism of changes in the electrical conductivity of porous silicon under the action of lasers and ammonia vapors has been investigated. The possibility of using porous silicon in the manufacture of a sensor device for detecting ammonia vapors when it is exposed to liquid ammonia by measuring samples taken at 10 kHz, 100 kHz, 1 MHz and in two different solutions, i.e. HF and H_2 (SiF_6), is considered. parallel capacitance-voltage characteristics of the initial state are obtained. The experimental results show that the use of porous silicon as a sensitive material is very promising.

Key words: porous silicon, electrochemical processing, voltage-voltage description.

Р.М. Азамат, Ш.А. Жуматова, Б.А. Ханиев, М.Б. Дәрменқұлова, Е. Сагидолда
(әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университеті, Қазақстан, Алматы
azamat_raihan@mail.ru)

КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ НЕГІЗІНДЕ ГАЗ СЕНСОРЛАРЫН ДАЙЫНДАУ

Аннотация. Бұл жұмыста электрохимиялық өңдеу әдісімен алынған кеуекті кремнийдің аммиак буына және лазерге сезгіштік қабілеті зерттелді. Лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі қарастырылды. Жұмыста лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің электрөткізгіштігінің өзгеру механизмі зерттелінді. Кеуекті кремнийді аммиак буын анықтайтын сенсорлық құрылғы дайындауда қолдану мүмкіндігі қарастырылып, оның 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц жиілікте және екі түрлі ерітінділерінде, яғни, HF және $H_2(SiF_6)$ алынған үлгілерді өлшеу арқылы аммиак сұйықтықтығымен әсер еткенде және үлгі бетіне лазер жақындатқандағы, сонымен қатар бастапқы қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары алынды. Тәжірибе нәтижелерінен кеуекті кремнийдің сезгіш материал ретінде қолданылуының келешегі зор екенін байқауға болады.

Кілттік сөздер: кеуекті кремний, электрохимиялық өңдеу, вольтфарадты сипаттама.

Кіріспе

Монокристалды кремнийді HF ерітінділерінде электролиттік өңдеу кезінде қара қабыршақтың пайда болуы алдымен 1956 жылы сипатталған [1], содан кейін 90 жылдардың басында ғалымдар осы кристалды кремний бетінде пайда болған қабыршақтың ерекше физика-химиялық қасиеттерін зерттеді. Бұл қабыршақтардың пайда болу механизмін зерттеуге деген қызығушылығы 1990 жылы

күшейе түсті [2]. Осындай қабыршақтардың қарқынды қызыл-қызғылт фотолюминесценциясы байқалды және оның пайда болуы кремний нанокристаллиттеріндегі кванттық эффектпен түсіндірілді. Сонымен қатар кеуекті кремний (*por-Si*) деп аталатын люминесцентті қабыршақтардың пайда болуының өзіндік механизмі ұсынылды [3].

Аталған [3] жұмыс идеяларына сәйкес және бұған дейін [4] жұмыста көрсетілгендей, кремнийді HF ерітінділерімен анодтық өңдеу кезінде кремний үлгісіне терең енетін тар «өңдеу арналары» пайда болды. Әрі қарай өңдеу кезінде бұл кеуектердің ұзындығы өсіп қана қоймайды, бірақ оларды бөлетін жұқа қабырғалар жартылай жойылғанға дейін кеуектер біртіндеп кеңейеді. Нәтижесінде, осы қабырғалардың көптеген қалдықтары негізінен кремний үлгісінің бетіне перпендикуляр немесе кристаллографиялық осьтер бағытында орналасқан жіпшелер түрінде қалады. Көбіне мұндай жіптердің қалыңдығы бірнеше нанометрден аспайды, бұл олардағы бірқатар кванттық эффектілердің пайда болуына, атап айтқанда, жолақтар саңылауының ұлғаюына және соның салдарынан спектрдің көрінетін аймағында фотолюминесценцияны қоздыру мүмкіндігіне әкеледі [5].

Кейінгі жылдары көптеген жаңа тәжірибелі фактілердің әсерінен *Кэнем*алғашқы ұсынған көзқарастары кейбір өзгерістерге ұшырады. Осыған қарамастан *por-Si* түзілуінің қазіргі заманғы көптеген теориялары әлі күнге дейін кремнийдегі жіп тәрізді кеуектерді тазарту идеясына негізделген

Соңғы жылдары кеуектердің пайда болуы мәселесіне қатысты бірқатар жаңа тәсілдер айтылды. Біріншіден, бұл электролиз кезінде пайда болатын ұсақ ауытқуларға қатысты шалаөткізгіш/электролит интерфейсінің бөлігінің жалпақ шекарасын көрсететін теориялық жұмыстар. Бұл ауытқулардың оңтайлы толқын ұзындығы кеуектер арасындағы қашықтық өлшемінің ретін анықтайды деп болжанады [6,7]. Бірқатар авторлар кеуектердің пайда болуының бастапқы кезеңін сутегі газының эволюциясымен байланыстырады, ол кремний (*Si*) электролиттік еріту кезінде бөлшектенеді, ол бөлшектенетін кремний қосылыстарының сутегі иондарымен тотығу кезінде пайда болады [2]. Сонымен қатар, электролитті емес, тек химиялық кремнийді пайдалану арқылы *por-Si* өндірудің көптеген әдістері белгілі. Бұл үшін композиция HF-мен бірге күшті тотықтырғыш енгізіледі, мысалы, KNO_2, HNO_3 және т.с.с. Бұл жағдайда Si_2^+ иондарының Si_4^+ -ке тотығуы бұдан былай сутегі иондарымен емес, күшті тотықтырғыш заттармен және сәйкесінше сутегі бөлінділерінсіз жүреді.

Аммиак – бұл спирттің өткір иісі бар түссіз газы. Аммиак газы ауадан екі есе жеңіл және адам ағзасына уытты әсер етеді, шырышты қабықтарға, теріге тітіркендіргіш әсер етеді және өкпе ісінуі мен жүйке жүйесіне қатты зақым келтіреді [8]. Аммиак химия өнеркәсібінің негізгі өнімдеріне жатады: тыңайтқыштар, жарылғыш заттар, дәрі-дәрмектер өндірісінде, сонымен қатар полимерлер, азот қышқылы, салқындатқыш ретінде және т.б. Аммиак және оның булары улы және адам ағзасына зиянды. Сондықтан, аммиак сенсорының блоктарын, сонымен қатар, аммиак сенсорларын NH_3 концентрациясын бақылау үшін газ талдаушылары ретінде пайдалану өте маңызды және қажет. Сонымен қатар, мұндай бақылау тұрақты және үздіксіз болуы керек.

Берілген жұмыста кеуекті кремнийдің жоғарыда сипатталған аммиак буына және лазерге сезу қабілеті мен вольт-фарадтық сипаттамасын зерттеу мақсаты қойылды.

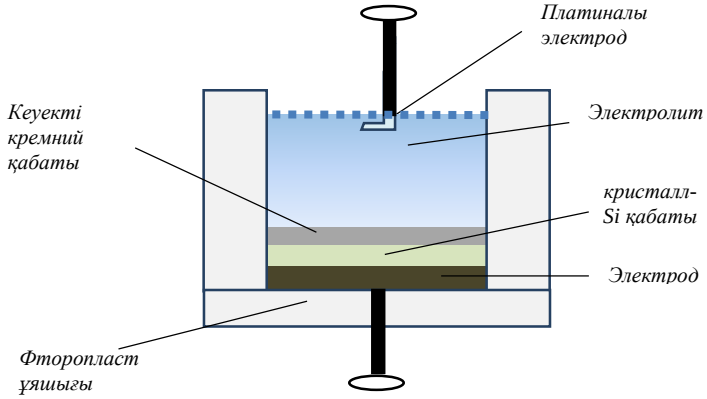
Тәжірибелік нәтижелер және оларды талқылау

Зерттеу нысаны ретінде *por-Si* наноөлшемді қабықшалары қолданылды. *p* типті кремний пластиналарын электрохимиялық өңдеу әдісімен *por-Si* үлгілері алынды. Электрохимиялық өңдеу процесінің сызбалық бейнесі 1-суретте көрсетілген. Қойылған міндеттерді орындау үшін қалыңдығы әртүрлі *por-Si* үлгілерін алынды.

Por-Si дайындау үшін заряд тасымалдаушылар концентрациясы 10^{15} $см^{-3}$ болатын бормен легирленген және (100) кристаллографиялық бағдармен *p*-типті монокристалды кремнийдің төсеніштері қолданылды.

Кремний пластиналары *por-Si* алу алдында фтор сутегі қышқылында майсыздандырылды және деиондалған суда жуылды, содан кейін $H_2(SiF_6)$ және этил спиртінің қоспасында 10 мин өңделді, кейін деиондалған суда мұқият жуылды.

Por-Si үлгілерінің үш тобы анодтаушы токтың бірдей тығыздығы J = 20 $мА/см^2$ және t = 10 минут өңдеу ұзақтығы кезінде алынды. Үлгілердің барлық топтары үшін қорек көзінің кернеуі өзгерген жоқ және 10 В болды. Өңдеу процесі құрамында 3:1, 5:1 және 6:1 қатынастағы кремнефторлы сутегі қышқылы ($H_2(SiF_6)$) және этил спирті бар электролитте жүзеге асырылды. *Por-Si* үлгілерінің қасиеттерін өлшеу оларды ауада 10 күн сақтағаннан кейін жүзеге асырылды. Барлық тәжірибелер бөлме температурасында жүргізілді.



1-сурет. Кеуекті кремнийдің жұқа қабықшаларын алуға арналған электролиттік ұяшық

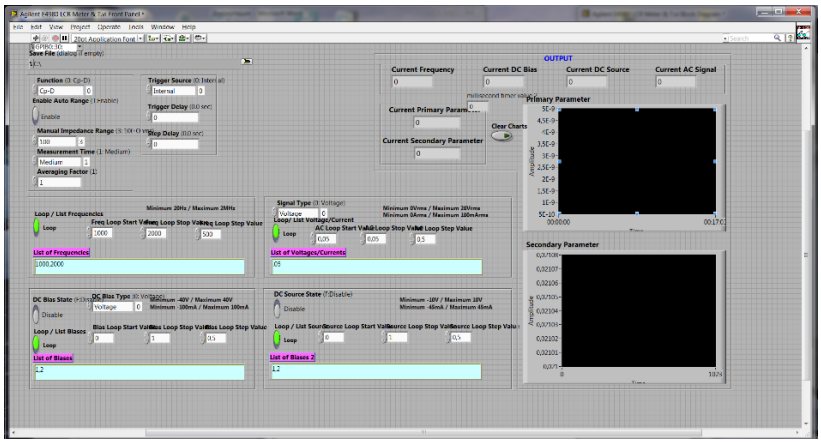
Жаңа ерітіндіде алынған *por-Si* үлгілерінің физикалық қасиеттері құрамында HF және этил спирті бар ерітінділерді пайдалана отырып дәл жоғарыдағыдай өңдеу режимінде және 3:1, 5:1 және 6:1 қатынасында алынған бақылау үлгілерінің қасиеттерімен салыстырылды.

Por-Si кинетикасын өлшеу газдар буларын беру кезінде Agilent E4980A Precision LCR Meter қондырғысында жүргізілді, ол 20 Гц-тен 2 МГц-ке дейін жиілік диапазонында жұмыс істейді (2-сурет). Жабдықтың негізгі дәлдігі 0,05%. Құрылғы импеданстың төмен және жоғары мәндерінде керемет қайталануға ие. Уақытқа қатысты үлгілердің сыйымдылығы мен өткізгіштігі мәнінің өзгеруі өлшенді.



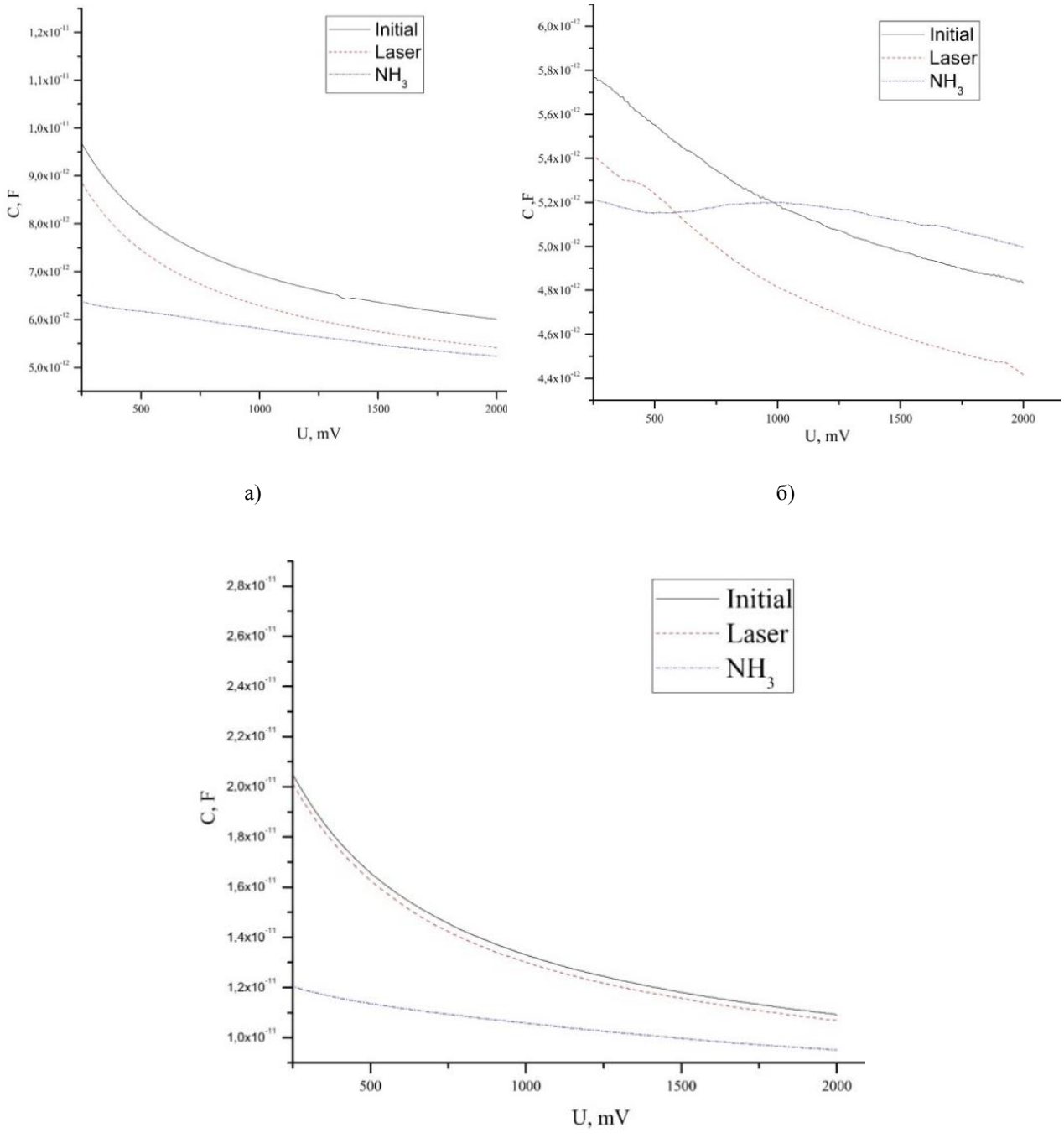
2-сурет. Agilent E4980A Precision LCR Meter қондырғысының жалпы түрі

Бұл жабдыққа импедансты өлшеуге ыңғайлы болатын компьютерде деректерді тікелей сақтауға және өңдеуге мүмкіндік беретін интерфейс жасалды. Бұл интерфейс LabVIEW ортасында жасалған және жалпы көрінісі 3-суретте көрсетілген.

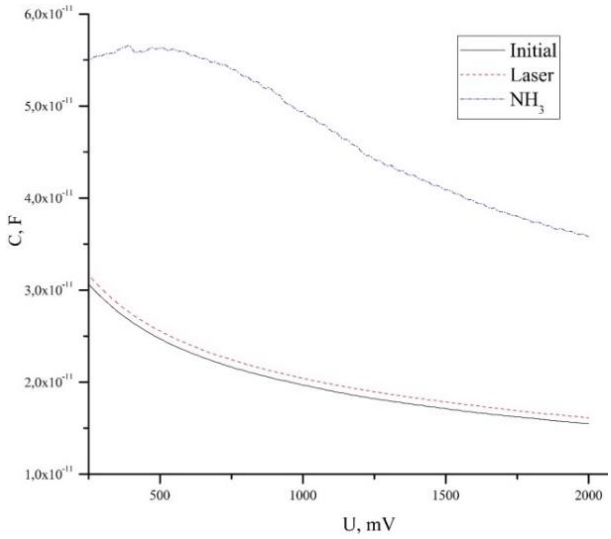


3-сурет. LCR meter өлшеу аспабының интерфейсі (LabVIEW виртуалды аспабының беттік тақтасы)

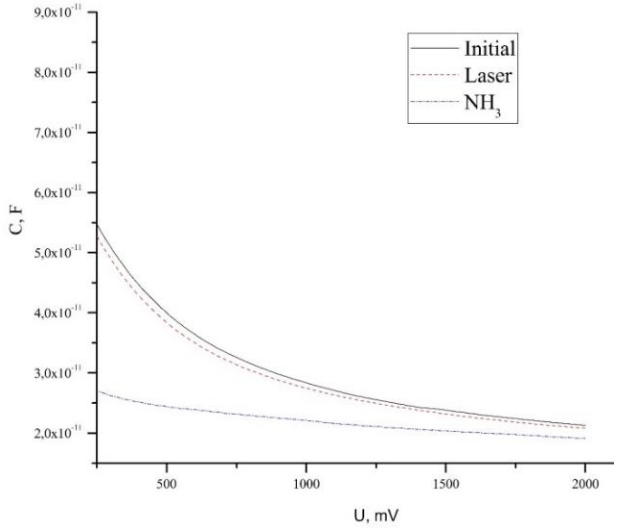
Сенсорлық құрылғылардың кез келген газды анықтау принципі кеуекті кремнийдің электрлік және оптикалық қасиеттерінің өзгерісіне негізделген.



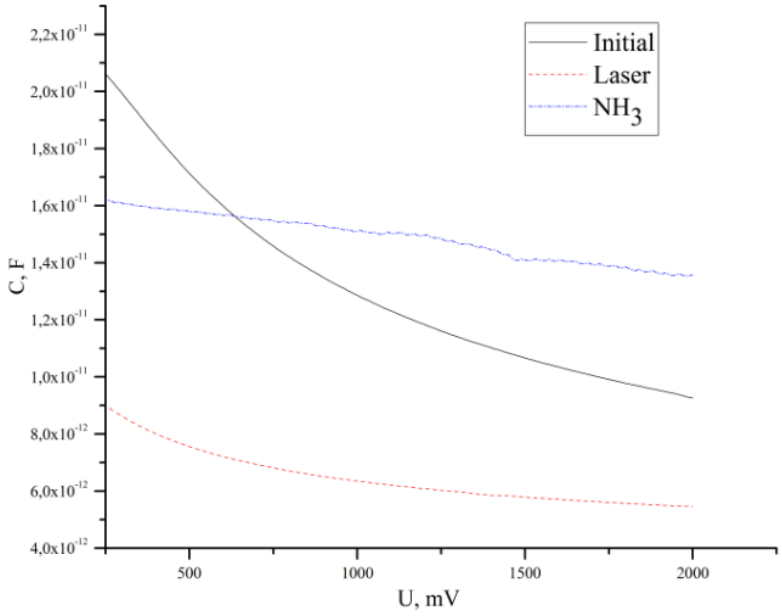
4-сурет. Кеуекті кремнийдің 1 МГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) HF ерітіндісінде алынған ВФС



а)

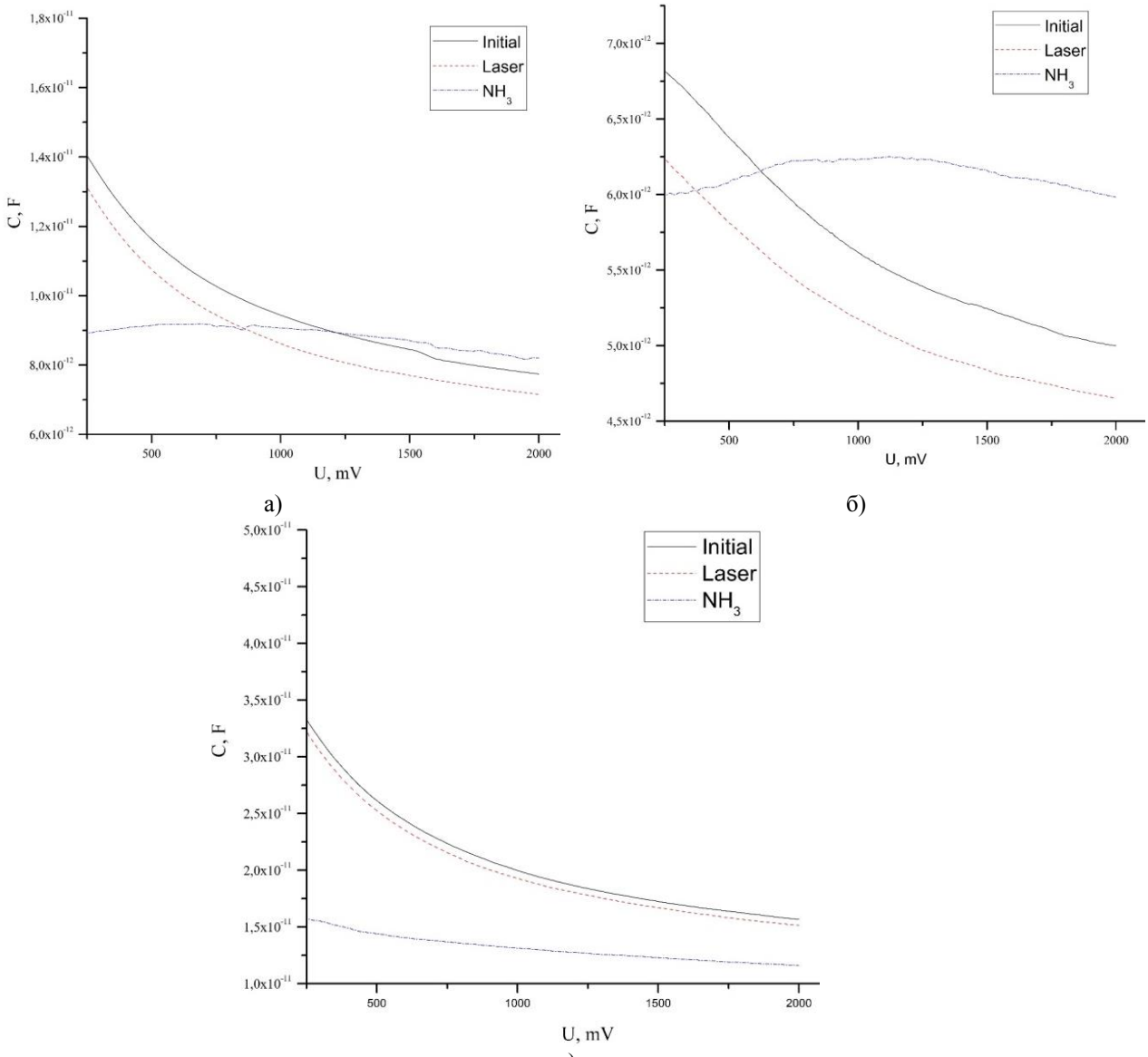


б)



в)

5-сурет. Кеуекті кремнийдің 10 кГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС



6-сурет. Кеуекті кремнийдің 100 кГц жиілікте өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы (қызыл сызық) мен лазер (көк сызық) жақындатқандағы және бастапқы (қара сызық) қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген. а) $H_2(SiF_6)$ ерітіндісінде алынған ВФС. б) HF ерітіндісінде алынған ВФС. в) HF ерітіндісінде алынған ВФС

4, 5 және 6-суреттерде екі түрлі, яғни этанол қосылған HF және $H_2(SiF_6)$ ерітінділерінде алынған кеуекті кремнийдің әр түрлі жиілікте өлшенген кездегі үлгіге аммиак сұйықтықтығы мен лазерді жақындатқандағы вольт-фарадтық сипаттамалары көрсетілген.

Суреттерден $H_2(SiF_6)$ ерітіндісі кезінде кернеу U=0,5-2 В аралығында ығысу байқаймыз. Графиктерден үлгіге лазер түсірген жағдайда, кернеу U=1-2 В аралығында сыйымдылықтың флуктуациясын көруге болады. Мұндай жағдай кеуекті кремний қабықшасында болатын өзгерістермен сипатталады. Сонымен қатар, аммиакты жақындатқан кезде сыйымдылық мәнінің азайғандығын, дифференциалдық кедергінің артқандығы байқалады. Демек, аммиак молекулалары әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігі төмендеп, кедергісі артады.

Кеуекті кремнийдің газды сезу принципі өткізгіштіктің өзгеруіне негізделген. Аммиак газын кеуекті кремний бетіне жақындатқан кезде, газ буларының атомдары кеуекті кремнийдің беттік ауданының үлкендігі әсерінен кеуектерге орналасады. Осылайша электрлік қасиеттерге көрінерлік өзгерістер келтіреді.

Қорытынды

Қорытындылай келе, берілген жұмыста лазер мен аммиак буы әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі зерттелінді. Кеуекті кремнийді аммиак буын анықтайтын сенсорлық құрылғы дайындауда қолдану мүмкіндігі қарастырылды. Кеуекті кремнийдің 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц жиілікте және екі түрлі этанол қосылған HF және $H_2(SiF_6)$ ерітінділерінде өлшенген кездегі аммиак сұйықтықтығы мен лазер жақындатқандағы және бастапқы қалыптағы вольт-фарадтық сипаттамалары алынды.

Газ молекуаларының әсерінен кеуекті кремнийдің өткізгіштігінің өзгеру механизмі қарастырылды. Сонымен қатар, аммиакты жақындатқан кезде сыйымдылық мәнінің азайғандығын, дифференциалдық кедергінің артқандығы, өткізгіштіктің кемитіндігі анықталды. Ал алынған вольт-фарадтық сипаттамадан кеуекті кремнийдің кернеу берілгендегі аса сезгіш аймағы анықталды. Осы аймақта зерттеулер жүргізіліп, газ сенсорының аммиак буына сезгіштік қасиеті бойынша сәйкесінше параметрлері қарастырылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] A. Uhlir. Bell. Syst. Tech. J., 35, 333 (1956)
[2] R.L. Smith, S.D. Collins. J. Appl. Phys., 71, R1 (1992)
[3] L.T. Canham. Appl. Phys. Lett., 57, 1046 (1991)
[4] M.J.J. Theunissen. J. Electrochem. Soc., 119, 351 (1972)
[5] K. Nagashima, T. Yanagida, in Magnetic Nano- and Microwires, 2015
[6] Y. Kang, J. Jorne. J. Electrochem. Soc., 140, 2258 (1993).
[7] A. Valance. Phys. Rev. B, 52, 8323 (1995); Phys. Rev. B, 55, 9706 (1997)
[8] 2. Лазарев Н.В., Градаскина И.Д. Вредные вещества в промышленности. Т. III. Изд. 7-е. Л.: Издательство «ХИМИЯ», Ленинградское отделение С. 88—92

Азамат Р.М., Жуматова Ш.А., Ханиев Б.А., Дәрменқұлова М.Б., Сагидолда Е.

Разработка газовых сенсоров на основе пористого кремния

Резюме. В работе изучалась чувствительность пористого кремния, полученного электрохимической обработкой, к парам аммиака и лазерам. Рассмотрен механизм изменения проницаемости пористого кремния под действием лазера и паров аммиака. Исследован механизм изменения электропроводности пористого кремния под воздействием лазеров и паров аммиака. Возможность использования пористого кремния при изготовлении сенсорного устройства для обнаружения паров аммиака рассматривается при его воздействии на него жидкого аммиака путем измерения образцов, взятых при 10 кГц, 100 кГц, 1 МГц и в двух разных растворах, то есть HF и H_2 (SiF_6), а также исходные вольт-фарадные характеристики. Результаты экспериментов показывают, что использование пористого кремния в качестве чувствительного материала весьма перспективно.

Ключевые слова: пористый кремний, электрохимическая обработка, вольтфарадное описание.

УДК 658.7

[1]M. Aikumbekov, [1]A. Kamzina, [1]M. Kobdikov, [1]S. Sarbaev, [2]P. Arimbekova
([1]Kazakh Academy of transport and communications named after M. Tynyshpayev
e-mail: muslim050182@mail.ru
[2]Kazakh Academy of labor and social relations)

THE BUSINESS MODEL IN THE MANAGEMENT OF FREIGHT TRANSPORT AT THE STATION ALTYNKOL

Annotation. The method of managing cargo transportation according to a given plan was developed in relation to the conditions of a planned economy and at one time proved to be highly effective, especially in the transport of bulk cargo in the presence of centralized management of the transportation process, state ownership of the infrastructure and rolling stock of Railways. However, in the conditions of market relations, where the requirements for increasing the profit and profitability of transportation are put forward to the fore, significant disadvantages of this method have emerged.

The diversity of business processes, heterogeneity of structure, complexity of functions and interaction between business processes require careful processing of the collected data and preliminary assessment of all possible internal and external influences that may affect the smooth operation of the business process and the enterprise as a whole.

Key words: business process modeling, cargo operations optimization, customer service optimization, business process reengineering.

[1]М.Н. Айкумбеков, [1]А.Д Камзина, [1]М.А Кобдиков, [1]С.Ш. Сарбаев, [2]П.М. Аримбекова
([1]Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева,
Алматы, Республика Казахстан,
[2]Казахская академия труда и социальных отношений, Алматы, Республика Казахстан)

БИЗНЕС-МОДЕЛИ В УПРАВЛЕНИИ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА СТАНЦИИ АЛТЫНКОЛЬ

Аннотация. Метод управления грузовыми перевозками по заданному плану был разработан применительно к условиям плановой экономики и в свое время показал высокую эффективность, особенно при перевозках массовых грузов при наличии централизованного управления перевозочным процессом, государственной собственности на инфраструктуру и подвижной состав железных дорог. Однако в условиях рыночной отношений, где на первый план выдвигаются требования по повышению прибыли и рентабельности перевозок, проявились существенные недостатки этого метода.

Многообразие бизнес-процессов, неоднородность структуры, сложность функций и взаимодействия между бизнес-процессами требуют тщательной обработки собранных данных и предварительной оценки всех возможных внутренних и внешних воздействий, которые могут повлиять на бесперебойную работу бизнес-процесса и предприятия в целом.

Ключевые слова. Моделирование бизнес-процессов, оптимизация грузовых операции, оптимизация работы с клиентами, реинжиниринг бизнес-процессов.

Метод управления грузовыми перевозками может быть кратко определен следующим образом. На этапе месячного планирования перевозок Дирекция сбыта и Алматинское отделение ГП на основании договоров и заявок грузоотправителей на перевозку грузов разрабатывает месячный план перевозок АО «КТЖ – Грузовые перевозки». В текущие сутки Алматинское отделение ГП осуществляет руководство перевозками, организуя выполнение эксплуатационных показателей в соответствии с плановыми (нормативными) показателями технического плана работы АО «КТЖ – Грузовые перевозки» [1].

Суть метода оперативного управления перевозками по заданному плану заключается в том, что управляемый процесс по концу отчетного периода качественно оценивается по двоичной шкале: план либо выполнен, либо нет, - без учета влияющих факторов, в том числе затрат ресурсов. С научной точки зрения это бинарная система управления, основным достоинствам которой является предельная простата.

Метод управления грузовыми перевозками по заданному плану был разработан применительно к условиям плановой экономики и в свое время показал высокую эффективность, особенно при перевозках массовых грузов при наличии централизованного управления перевозочным процессом, государственной собственности на инфраструктуру и подвижной состав железных дорог. Однако в условиях рыночной отношений, где на первый план выдвигаются требования по повышению прибыли и рентабельности перевозок, проявились существенные недостатки этого метода.

Действительно, на каждом уровне управления диспетчер имеет план, т.е. заданный объем работы на текущие сутки, который он должен выполнит не позднее окончания отчетных суток. У диспетчера всегда есть несколько разных вариантов выполнения плана. Если план будет выполнен, то все варианты допустимы. Поэтому в реальных производственных условиях выбираются не самые лучшие варианты реализации заданного плана, а наиболее простые: максимально сократить рабочий парк к отчетному часу, ускорить погрузку и выгрузку перед окончанием суток.

Таким образом, метод управления перевозочным процессом по заданному плану имеет ряд недостатков. Во-первых, отсутствует эффективная мотивация оперативного персонала, что приводит к неритмичной грузовой и поездной работе в течение суток. Во-вторых, не учитываются эксплуатационные расходы при управлении технологическими процессами. В-третьих, не проводится оптимизация технологических процессов [2].

В условиях рыночных отношений для АО «КТЖ – Грузовые перевозки» и частных компаний – операторов подвижного состава необходимо применение методов руководства перевозочным процессом, позволяющих управлять грузовыми перевозками как по техническим нормативам, заданным в натуральных показателях, так и по экономическим. Бизнес-процесс оперативного управления грузовыми перевозками – это сложный комплекс, включающий в себя бизнес-процесс планирования грузовых перевозок на предстоящие сутки и совокупность бизнес-процессов реализации плана грузовых перевозок (рисунок 1).

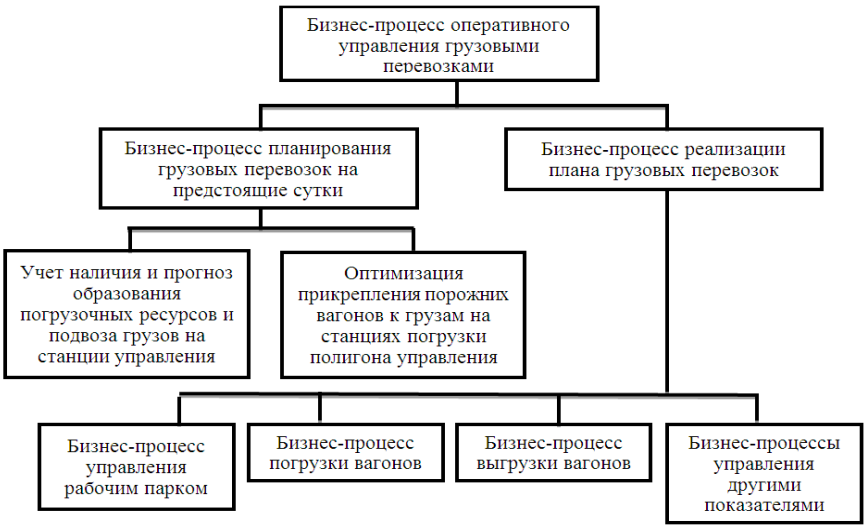


Рис. 1. Основные этапы бизнес-процесса управления грузовыми перевозками

Бизнес-процесс планирования грузовых перевозок подразумевает принятие собственником вагонов или лицом, им уполномоченным, оптимальных управляющих решений по использованию порожних вагонов под погрузку заявленных грузов по экономическим критериям [3-4].

Эффективное управление перевозками грузов должно обеспечивать получение максимального дохода от погрузки и перевозки при минимальных эксплуатационных расходах. Наилучшим экономическим критерием является максимальная суммарная прибыль от перевозок заявленных грузов по маршруту их следования к пункту назначения. Однако новую математическую модель оперативного планирования перевозок необходимо разработать таким образом, чтобы причастный работник в зависимости от ситуации мог выбрать любой экономический критерий.

Для реализации эффективного упреждающего управления на рассматриваемом полигоне необходим достоверный прогноз образования погрузочных ресурсов и подвоза грузов на станции данного полигона, определенный по заданным часовым интервалам на планируемые сутки.

Сформулируем общую постановку задачи оперативного планирования грузовых перевозок [4].

Допустим, в предстоящие сутки на станциях рассматриваемого полигона управления имеется множество порожних вагонов и множество грузов назначением на станции. Определим оптимальный вариант прикрепления порожних вагонов к заявленным грузам, который максимизирует суммарную прибыль от их перевозок при соблюдении заданных технологических ограничений. Причем суммарная прибыль от перевозок определяется по всему маршруту следования от станции дислокации порожних вагонов до станции назначения груза.

В результате решения будет получен оптимальный план перевозки грузов, заранее устанавливающий конкретные грузы, погрузка которых на рассматриваемом полигоне управления не обеспечена порожними вагонами, либо количество избыточных вагонов, не обеспеченных погрузкой. У диспетчера в запасе имеются сутки, чтобы принять соответствующие управляющие решение по этим вагонам.

Таким образом, уже на этапе планирования собственники вагонов получат оптимальные планы перевозок на предстоящие сутки, которых определят прогнозные значения доходов, расходов и прибыли от перевозок.

Учет рабочего парка по общему наличию вагонов на конец суток в данном случае будет неэффективным, так как при расчете его величины не учитывается фактическое время нахождения каждого вагона на подразделении в течение суток. По нашему мнению, следует перейти на почасовой учет вагонов рабочего парка. Это позволит дать количественную оценку рабочему парку. Однако для ежесуточного учета общего наличия вагонов, а также при ежегодной переписи вагонов на сети АО «НК «КТЖ» существующий метод учета вполне уместен.

Под бизнес-процессом управления эксплуатационным показателем понимается организация выполнения фактического показателя в соответствии с нормативным, заданным как в натуральном, так и денежном исчислении. Количественные оценки ключевых эксплуатационных показателей приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Количественные оценки работы вагонных парков**

Показатели	Оценка в натуральном исчислении, вагоны	Экономическая оценка
Рабочий парк	Сумма затрат вагоно-часов рабочего парка на подразделении, поделенная на 24	Эксплуатационные расходы, равные сумма затрат вагоно-часов рабочего парка на подразделении, помноженной на стоимость 1 вагоно-ч.
Погрузка	Сумма вагонов, погруженных всеми станциями подразделения	Доход от перевозок погруженных вагонов на подразделении
Выгрузка	Сумма вагонов, выгруженных на всех станциях подразделения	Прибыль от перевозки выгруженных вагонов, равная доходам от перевозки выгруженных вагонов за вычетом расходов на перемещение этих вагонов

Бизнес-процесс управления рабочим парком может быть реализован следующим образом. Диспетчер в течение суток контролирует фактические значения рабочего парка и эксплуатационных расходов на подразделении с прогнозом до конца суток. При наличии превышения фактического показателя по отношению к нормативному диспетчеру необходимо обеспечить снижение затрат вагоно-часов, которое может быть достигнуто по всем составляющим рабочего парка [2, 4].

Рассмотрим бизнес-процессы управления погрузкой и выгрузкой вагонов. Диспетчер заинтересован в быстром выполнении планов погрузки как в вагонах, так и по доходам. Это можно осуществить за счет сокращения межоперационных простоев от прибытия вагона на станцию до начала погрузки и от окончания погрузки до отправления со станции. Соответственно, чем раньше вагоны будут погружены и их можно будет передать для организации перевозки, тем больше сокращаются затраты вагоно-часов и эксплуатационные расходы на подразделении.

По такому же принципу требуется организовать выгрузку вагонов, чтобы быстрее передать освобождаемые порожние вагоны. По всем выгружаемым вагонам на подразделении диспетчер может оценить фактическую прибыль от перевозки грузов по фактическому маршруту следования.

Таким образом, бизнес-процессы управления грузовыми перевозками поддерживают рациональную организацию деятельности диспетчера, направленную на равномерное распределение поездной и грузовой работы в течение всего дня и на снятие напряжения в работе в последней четверти суток. В конце отчетных суток по результатам работы подразделения дается развернутая оценка, показывающая, как выполнен план: «отлично», «хорошо» или «удовлетворительно», с предоставлением экономических показателей подразделения – фактических расходов, доходов и прибыли от перевозок.

Рассмотрим возможность практического внедрения предлагаемых методов на примере Центральной дирекции управления движением АО «КТЖ – Грузовые перевозки». На всех уровнях управлении Дирекции у лиц, принимающих решения (ЛПР), имеются специализированные автоматизированные рабочие места (АРМы), объединенные в единую информационно-управляющую систему. Указанный АРМ в режиме реального времени осуществляет мониторинг соответствующего объекта управления, определяемого совокупностью показателей, характеризующих данный бизнес-процесс, прогнозирует его функционирование до конца суток и определяет возможные затруднения в работе на предстоящий период. По определенному регламенту или при необходимости вмешательства в бизнес-процесс АРМ выводит на экран сообщение с анализом текущей ситуации, описанием выявленных затруднений и списком возможных управляющих решений в данной ситуации с оценкой конечных результатов как по технологическим показателям. ЛПР может выбрать любое из рекомендуемых решений либо предложить свой вариант. В этом случае АРМ рассчитает оценку конечного результата и отправит полученные решение на исполнение.

В конце смены информационно-управляющая система даст экономическую оценку работы каждого ЛПР и смены в целом. Таким образом, Дирекция получает возможность руководить перевозочным процессом по экономическим критериям, а система учета и анализа работы – объективно оценивать полученные результаты по натуральным и экономическим показателям. Аналогичным образом можно применять данные методы управления в дочерних и зависимых обществах АО «КТЖ – Грузовые перевозки» и частных компаниях – операторах подвижного состава [2-4].

Вывод. Предлагаемые методы почасового учета вагонов рабочего парка и бизнес управления грузовыми перевозками позволяют повысить эффективность управления перевозочным процессом на железных дорогах и сети АО «НК «КТЖ» в целом за счет рациональной мотивации работы диспетчерского персонала, направленной на повышение ритмичности грузовой и поездной работы, организации управления вагонами рабочего парка по техническим и экономическим нормативам, достоверной оценки результатов работы вагонов рабочего парка, оперативного упреждающего управления по выявленным затруднениям и оптимизации управления порожними вагонами по экономическим критериям.

ЛИТЕРАТУРА

[1] https://stanradar.com/news/full/8450-altynkol-vazhnejshaja-stantsija-evrazijskogo-kontinenta-v-sheme-zheleznyh-dorog.html

[2] Бекжанов З.С. Разработка плана формирования поездов. Методические указания. Алматы, 2000.

[3] Кобелев, Н.Б. Основы имитационного моделирования сложных экономических систем / Н.Б. Кобелев. – М.: Дело, 2013. – 336 с.

[4] Кизим А.А. Концепция построения региональной транспортно-логистической системы: вопросы теории и практики: Монография. – Краснодар: Куб. гос. ун-т, 2014. – 658 с.

Айкумбеков М.Н., Камзина А.Д., Кобдиков М.А., Сарбаев С.Ш., Аримбекова П.М.

Алтынкөл станциясында жүк тасымалын басқарудағы бизнес-модельдер

Түйіндеме. Белгіленген жоспарға сәйкес жүк тасымалын басқару әдісі жоспарланған экономика жағдайларына байланысты жасалды және бір уақытта, әсіресе тасымалдау процесін орталықтандырылған басқару, инфрақұрылымға және теміржолдың жылжымалы құрамына мемлекеттік меншік болған кезде, сусымалы жүктерді тасымалдау кезінде өте тиімді болды. Алайда, нарықтық қатынастар жағдайында, көліктің пайдасы мен рентабельділігін арттыру талаптары бірінші орынға қойылған кезде, бұл әдістің маңызды кемшіліктері пайда болды.

Бизнес-процестердің алуан түрлілігі, құрылымның біртектілігі, функциялар күрделілігі және бизнес-процестер арасындағы өзара іс-қимыл жиналған деректерді мұқият өңдеуді және бизнес-процестің және жалпы кәсіпорынның үздіксіз жұмысына әсер етуі мүмкін барлық мүмкін ішкі және сыртқы әсерлерді алдын ала бағалауды талап етеді.

Түйін сөздер. Бизнес-процестерді модельдеу, жүк операцияларын оңтайландыру, клиенттермен жұмысты оңтайландыру, бизнес-процестерді реинжинирингтеу.

УДК 536.423.1

A.A Genbach, D. Yu. Bondartsev, A.A. Aitmagambetov
(Almaty University of Power Engineering and Telecommunications,
Almaty, Kazakhstan, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

INVESTIGATION OF THE HEAT TRANSFER CRISIS AND THE LIMIT STATE OF THE HEAT-EXCHANGE SURFACE COVERED WITH CAPILLARY POROUS MEDIUM

Abstract. The crisis of heat transfer during boiling of water in mesh porous structures is investigated. The study refers to thermal power plants of power plants (GTU, STP). The capillary-porous cooling system for metal surfaces of combustion chambers and nozzles consists of metallurgical elements (metal grids forming optimized structures) and natural mineral media. The material (structures and thermal barrier coatings) is integrated (synergistic), have improved thermal and strength characteristics. The selection of a natural polycrystalline medium was carried out by full-scale modeling, similarity, and direct physical experiments. The critical load value is calculated depending on the underheating and flow rate according to a generalized equation, which implies that the underheating of the liquid can significantly expand the heat transfer capabilities in a porous cooling system.

Experiments show that the coatings can withstand significant deformations without destruction during repeated thermal Cycling and have been tested during the operation of combustion chambers and nozzles. The results of the heat transfer crisis and the limit state of the surface are presented, and the calculation of critical thermal loads is generalized. Researches have a place in a vocational school and gas turbine power plants. They are necessary for modeling salt deposits, deposits, studies of fatigue cracks during start-stop (transient) modes of operation, as well as for creating capillary-porous cooling systems.

Keywords: boiling crisis, cooling system, capillary-porous structures, gas turbine unit.

А.А. Генбач, Д.Ю. Бондарцев, А.А. Айтмагамбетов
(Алматинский Университет энергетики и связи им. Г. Даукеева,
г. Алматы, Казахстан, e-mail: d.bondartsev@inbox.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИЗИСА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОКРЫТОЙ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СРЕДОЙ

Резюме. Исследован кризис теплообмена при кипении воды в сетчатых пористых структурах. Изучение относиться к тепловым энергетическим установкам электростанций (ГТУ, ПТУ). Капиллярно-пористая система охлаждения металлических поверхностей камер сгорания и сопел состоит из металлургических элементов (металлических сеток, образующих оптимизированные структуры) и природных минеральных сред. Материал (структуры и термобарьерные покрытия) являются интегрированным (синергетическим), имеют улучшенные теплотехнические и прочностные характеристики. Подбор природной поликристаллической среды проведен натурным моделированием, подобием и прямыми физическим экспериментом. Расчет величины критической нагрузки производиться в зависимости от недогрева и скорости потока по обобщенному уравнению, из которого следует, что недогрев жидкости позволяет существенно расширить теплопередающие возможности в пористой системе охлаждения.

Эксперименты показывают, что покрытия выдерживают существенные деформации без разрушения при многократном термоциклировании и прошли испытания при эксплуатации камер сгорания и сопел. Представлены результаты кризиса теплообмена и предельного состояния поверхности, обобщен расчет критических тепловых нагрузок. Проведенные исследования имеют место в ПТУ и ГТУ электростанций. Они необходимы для моделирования солевых отложений, налетов, исследования возникновения усталостных трещин при пуско-остановочных (переходных) режимах работы, а также при создании капиллярно-пористых систем охлаждения.

Ключевые слова: кризис кипения, система охлаждения, сопловой аппарат, капиллярно-пористые структуры, газотурбинные установки.

Введение

Основной проблемой, определяющей развитие энергетической отрасти, является проблема неэкономичного производства и использования энергии. Одним из способов сокращения потерь от внешней необратимости тепловых процессов в газотурбинных установках является снижение температурных напоров между средами. Однако низкие температурные напоры приводят к уменьшению передаваемого теплового потока, увеличению весовых параметров и габаритных размеров оборудования.

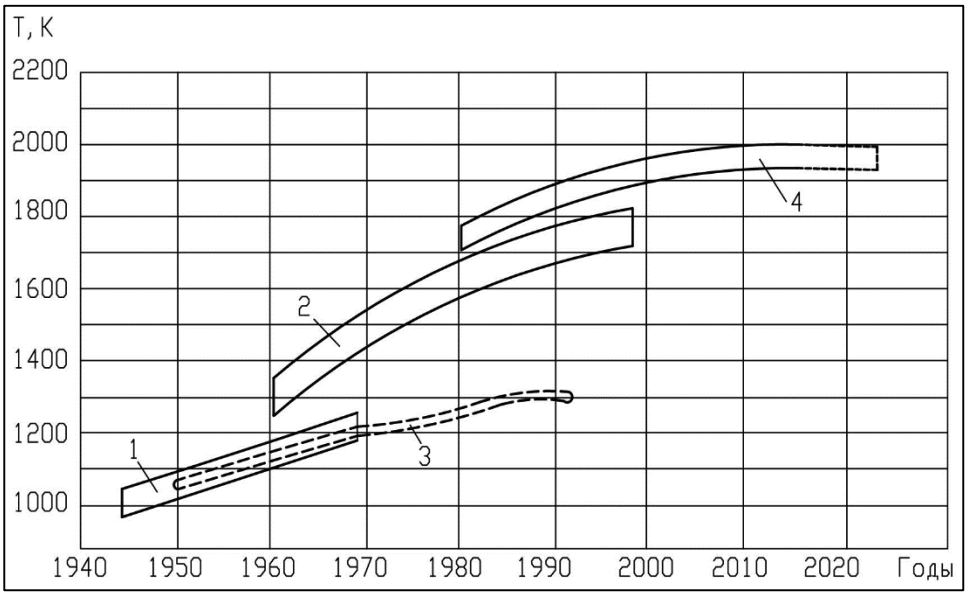


Рис. 1. Температура газа перед турбиной и жаропрочных материалов в разные годы: 1 – неохлаждаемые лопатки; 2 – охлаждаемые лопатки; 3 – жаропрочность материалов; 4 – исследованная капиллярно-пористая система охлаждения

Начиная с 1960-х годов, темп роста температуры газа перед турбиной значительно превышает темп роста жаропрочности материалов, что объясняется, прежде всего, достижениями в создании эффективных систем охлаждения, что отражено на рисунке 1. Подобные тенденции имеют место и для транспортных (прежде всего для судовых), и для стационарных газовых турбин, хотя и на более низком уровне температур газа.

Использование пористых материалов помимо систем охлаждения позволяло создавать агрегаты, в которых решались проблемы взрывобезопасности, охраны труда и долговечности [1-2]. Этому способствовала возможность управлять процессами парообразования за счет избытка жидкости в порых и капиллярах структур, создаваемого совместными действиями капиллярных и массовых сил [3-4].

Авторами широко исследовано влияние параметров пористого покрытия, а именно толщины [5-7], пористости и размеров частиц [8], геометрии капиллярной структуры [9] на характеристики кипения. Часть работ посвящена исследованию влияния внешних условий на интенсивность теплопередачи при кипении, в частности теплофизических свойств теплоносителя [10], давления в системе [11] и другие [12-13].

Однако, следует отметить, что значительная часть исследований [5-13] проводилась при атмосферном давлении в условиях кипения в большом объёме. В настоящее же время миниатюризация различного типа элементов накладывает ряд ограничений на системы охлаждения, в частности стесненность условий. Поэтому требуется исследовать теплообмен в поле массовых и капиллярных сил с учетом избытка жидкости.

Экспериментальные исследования

Применение горелочных устройств типа детонационных совместно с предлагаемой новой системой охлаждения позволяет снизить металлоемкость, габаритные размеры установки, экономить топливо за счет его более полного процесса горения. Это достигается при помощи детонационного явления, протекающего в камере сгорания, диффузоре и конфузоре. Все это приводит к высокой теплонапряженности в конструкции горелочного устройства. Для такого рода элементов ГТУ требуется надежная система охлаждения с максимально высокими техническими характеристиками.

Наиболее перспективной системой, для такого рода горелочного устройства, может быть пористая. Достоинствами пористой системы является – высокая интенсивность и теплопередающая способность, надежность, компактность, простота в изготовлении и эксплуатации, улучшенные режимные и технологические показатели, низкие капитальные и эксплуатационные расходы, экологическая чистота.

Для капиллярно-пористой системы охлаждения практически для всех режимных и геометрических параметров при пузырьковом кипении воды, глубина проникновения температурной волны $h_{ср} < \delta_{ст}$, поэтому в расчетные соотношения для $q_{кр}$ в работах толщина стенки $\delta_{ст}$ не вводится [1-2]. Расчетное уравнение для $q_{кр}$ в случае, когда $P \geq 0{,}1$ МПа, а $b_г > 0{,}28 \times 10^{-3}$ м:

$$q_{кр} = 0{,}0347\, r[g(\rho_ж-\rho_п)\, \rho_п \bar{D}_{о.кр}]^{0,5} \times (b_г/b_о)^{0,3}(\delta_ф/\delta_о)^{0,5}(1+\cos\beta)^{0,6}. \quad (1)$$

Из уравнения (1) следует, что:

$$q_{кр} \sim \bar{D}^{0,5}{}_{о.кр}\ (p \geq 0{,}1\ \text{МПа}) \text{ и } q_{кр} \sim \bar{f}^{0,5}\ (p < 0{,}1\ \text{МПа}).$$

Величина $\bar{D}_{о.кр}$ и $\bar{f}$ зависят от теплофизических свойств теплоотдающей поверхности:

$$\bar{D}_{о.кр} \sim K_{ст}^{-1},\ \bar{f}_{кр}^{-1} \sim K_{ст}^{2},\ \text{где } K_{ст} = 1 + [(\rho c\lambda)_ж/(\rho c\lambda)_{ст}]^{0,5}.$$

Тогда для поверхностей, выполненных из меди и нержавеющей стали и покрытых сетчатыми структурами, имеем:

$$\tilde{q}_{кр} = 1{,}07\ (p \geq 0{,}1\text{МПа}),\ \tilde{q}_{кр} = 1{,}15\ (p < 0{,}1\ \text{МПа}).$$

При кризисе кипения, как показали голографическая интерферометрия и скоростная киносъёмка [3], переносимый тепловой поток приобретает предельные значения $q_{кр}$, пузыри пара до их отрыва начинают проникать в соседние ячейки структуры, сливаются в конгломераты и образуют очаговые

зоны паровых пленок. Содержащиеся пленки жидкости под паровыми конгломератами высыхают и, несмотря на имеющееся большое количество жидкости в пористой структуре и на ее поверхности, охладитель не может проникнуть к стенке [4]. Наступает предельное значение температурного напора по отношению к температуре насыщения $T_н$,

$$\Delta T_{кр} = T_{кр} - T_н, \text{ где величина } T_{кр} \text{ соответствует значению } q_{кр}.$$

При $\Delta T \geq \Delta T_{кр}$ что более вероятно для пористых структур при p<0,1 МПа, когда имеют место наименьшие значения критического перегрева стенки, либо для сеток с ячейками менее $0{,}14 \times 10^{-3}$ м, микрослой жидкости испаряется под паровым пузырем, или его конгломератом, резко возрастает температура стенки в окрестности «сухого» пятна, исключая контакт имеющийся порции жидкости со стенкой.

Расчет величины $q_{кр}$ может производиться в зависимости от недогрева и скорости потока по уравнениям работы [3], из которых следует, что недогрев жидкости позволяет несколько расширить теплопередающие возможности в пористой системе охлаждения. Поскольку процессы теплопередачи протекают в тонких пористых структурах, то даже незначительный избыток свободно стекающей пленки по внешней стороне структуры, определяемый параметром $\tilde{m}$, при данном гидростатическом давлении ΔP_g и условном коэффициенте проницаемости $K_у$, создает ядро жидкости, из которого непрерывно будет подсасываться недогретый охладитель за счет разности температур и капиллярных сил [1].

Таким образом, существенной зависимости теплопередающей способности исследованной системы от ширины ячейки сетки (в десятки раз), как это имеет место в тепловых трубах, не замечено. Это можно объяснить тем, что при малых размерах ячеек при наличии гравитационных сил, высокое гидравлическое сопротивление не столь ограничивает расход жидкости, который может частично стекать по сетчатой поверхности. В то же время повышенный размер ячеек не приводит к значительному уменьшению транспортной способности. Однако ширина ячейки сетки в рассматриваемой системе оказывает влияние на динамику развития паровых пузырей и, следовательно, на интенсивность теплообмена и величину $q_{кр}$. Наличие крупных ячеек позволяет улучшить отвод легкой фазы от парогенерирующей поверхности. Однако увеличивать ячейки, начиная с ширины $0{,}4 \times 10^{-3}$ м, не целесообразно, поскольку в таких ячейках, подобно кипению на технической поверхности без пористого покрытия, возникают паровые конгломераты.

Оценка для кризисного состояния доли поверхности, занятой паром, для p=0,1 МПа, $\Delta T_{кр} = 60$ К, $\overline{D}_{о.кр} = 0{,}5 \times 10^{-3}$, $\tilde{m} = 1{,}1$, $\bar{n} = 5 \times 10^6$ м$^{-2}$, дает [2]:

$$F_п/F \geq \pi \times \overline{D}^2_{о.кр} \times \bar{n} \times K_{мин}/4 \times 1 \geq 2{,}5 \times \pi /16,$$

где $K_{мин}$ – коэффициент, учитывающий наличие «сухого» пятна под паровым пузырем. В момент кризиса величина $K_{мин} \geq 0{,}5$; F, $F_п$ – общая теплообменная поверхность, занятая паром.

На рисунке 2 дана сравнительная оценка исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения с представленными данными авторов [15], полученных для частично затопленной капиллярно-пористой структуры (на рисунке приняты обозначения: h = 80 – ■; 20 – ●; 15 – ▲; 10 – ∇; 5 – ◊ мм и толщиной δ = 0,3 мм в свободном объеме; капиллярно-пористая система охлаждения – +).

Число ячеек для структуры $0{,}4 \times 10^{-3}$ м, приходящихся на 1 м^2, составляет $2{,}78 \times 10^6$ шт., т.е. в момент кризиса в каждой ячейки может находиться по два паровых пузыря. При кипении жидкости в большом объеме для горизонтального нагревателя с технической поверхностью в теории гидродинамического кризиса соотношение $F_п/F = \frac{\tilde{\pi}}{16}$, т.е. в 2,5 раза меньше. При стремлении величины $K_{мин} \rightarrow 1$, отношение $F_п/F \rightarrow 1$.

Геометрические размеры, существенно влияющие на перераспределение капиллярного и гравитационного потенциалов, оказывают воздействие на величину $q_{кр}$ и требует оптимизации. Набольшее значение $q_{кр}$ получены для вертикальных поверхностей с крупными размерами ячеек (β = 0 град.), где β – угол наклона поверхности к вертикали (ур-ние (1)).

Результаты эксперимента представлены на рис. 3. Одним из направлений устранения негативных последствий применения пористых (порошковых) материалов, имеющих значительную контактную поверхность теплообмена, авторы [15] считают применение составных проницаемых оболочек (СПО), которые занимают промежуточное положение между перфорированными стенками и пористыми (порошковыми) материалами.

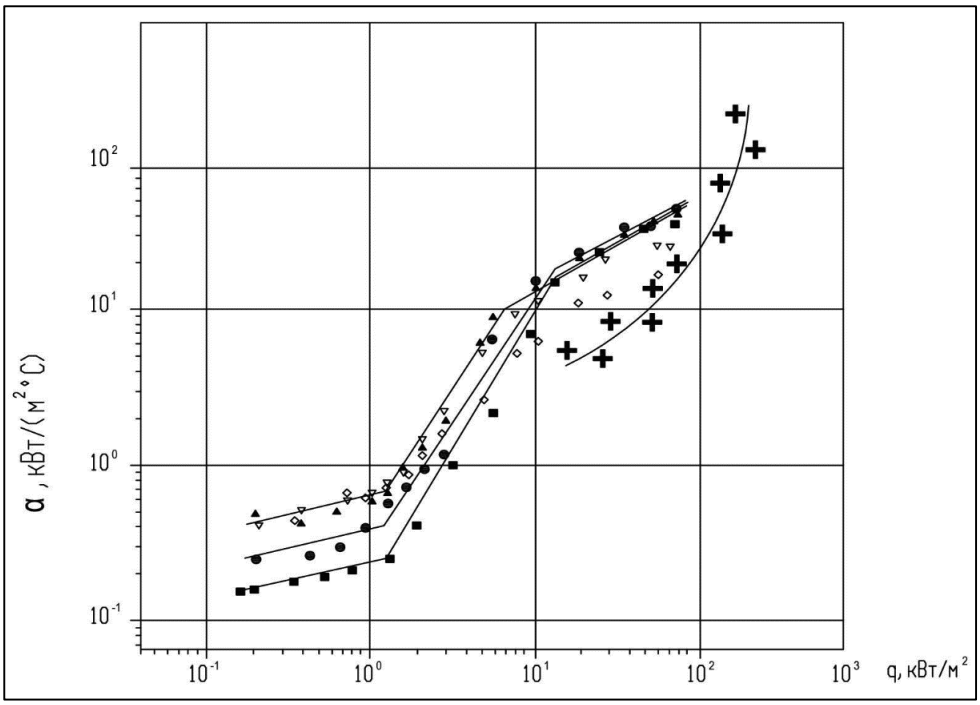


Рис. 2. Сравнительные характеристики процесса парообразования для частично затопленной капиллярно-пористой структуры [15] с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения (+).

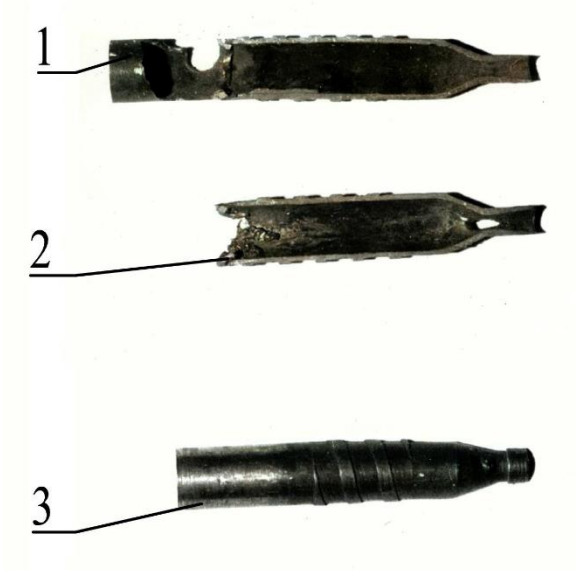


Рис. 3. Разрушенные камеры сгорания, сопла и «юбки» (1,2); сопла выполнены с цилиндрической внешней поверхностью; 3 – укороченное сопло с утолщением стенки.
1, 2 – водяное охлаждение. 3 – капиллярно – пористое охлаждение.

Для сравнения работы авторов [16], с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения приведен рисунок 4.

На рис. 4, приведены результаты теплового исследования лопатки СА (первой ступени ГТЭ-150) дефлекторной и оболочковой конструкций с внутренней конвективной системой охлаждения, полученные в ЦКТИ, ЛМЗ, ВТИ, ЛПИ как расчетами, так и опытным путем.

Проведены исследования кризиса теплообмена в зависимости от недогрева и скорости потока, теплофизических свойств поверхности нагрева и выброса капель жидкости из пористой структуры. Определены принципы конструирования камер сгорания и сопел и расчет критического теплового потока. Опытные данные обобщены в виде уравнения (1), для расчета величины $q_{кр.}$.

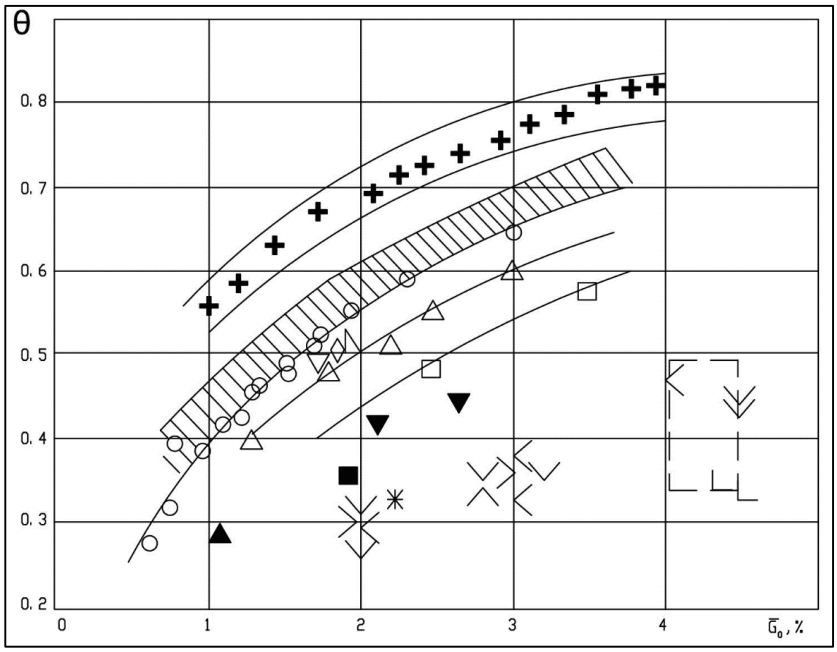


Рис. 4. Сравнение эффективности охлаждения сопловой лопатки ГТЭ-150 с исследованной капиллярно-пористой системой охлаждения (+):
светлые значки – оболочка из СПО (составные проницаемые оболочки) [16]; заштрихованная область – пористые порошковые материалы; темные значки – лопатка дефлекторного типа (опытные данные); уголковые значки – лопатка со сплошной оболочкой (результаты расчетов) [16]; +□ – разработанные и исследованные капиллярно-пористые структуры и капиллярно-пористые покрытия.

Выводы

Применение детонационных горелочных устройств новой конструкции в ГТУ совместно с новой капиллярно-пористой системой охлаждения позволит свести к минимуму температурные колебания системы, связанные с процессами горения, а так же дает дополнительный саморегулирующийся запас по повышению (понижению) температуры в 73% и по тепловому потоку - до 11%. Применение детонационных горелочных устройств новой конструкции в ГТУ позволит более полно использовать энергоресурс – топливо за чет его более полного сгорания.

Сравнивая пористую и традиционную систему охлаждения камеры сгорания можно утверждать, что пористая система имеет ряд следующих преимуществ: удержание постоянной (устранение колебаний) температуры стенки самой системой охлаждения и с наименьшими затратами, снятие высоких удельных тепловых потоков в стенку, а особенно в опасных зонах, с минимальными теплофизическими и конструктивными изменениями близлежащих зон, относительная удельная тепловая нагрузка на материал значительно меньше.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Genbach A.A., et al., Investigation of a high-forced cooling system for the elements of heat power installations, Journal of machine Engineering, 2018, Vol. 18, №2, pp. 106-117. DOI:10.5604/01.3001.0012.0937

[2] Genbach A.A., et al., Modelling of capillary coatings and heat exchange surfaces of elements of thermal power plants. Bulgarian Chemical Communications, Vol. 50, Special Issue G (pp. 133 - 139) 2018

[3] Genbach A.A., Bondartsev D.Yu. Experimental method of investigation of the heat transfer crisis in a capillary-porous cooling system. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences, Vol. 2, №4(28), 2018, p. 81-88.

[4] Genbach A.A., et al., Analogy in the processes of heat exchange of capillary-porous coatings in energy installations. E3S Web of Conferences 85, 05003 (2019) EENVIRO 2018.

[5] Alam M.S. Enhanced boiling of saturated water on copper coated heating tubes / Mohammad Siraj Alam, L. Prasad, S.C. Gupta, V.K. Agarwal // Chemical Engineering and Processing Process Intensification. – 2008. – Vol. 47 (1). – P. 159 - 167.

[6] Li Ch. Evaporation. Peterson G.P., Yaxiong Wang Boiling in Thin Capillary Wicks (I) – Wick Thickness Effects // Journal of Heat Transfer. – 2006 –Vol. 128, (12) – P. 1312-1320.

[7] Hanlon M. A. Evaporation Heat Transfer in Sintered Porous Media / M. A. Hanlon, H. B. Ma // Journal of Heat Transfer. – 2003. – Vol. 125 (8) – P. 644-652.

[8] Li Ch. Evaporation/Boiling in Thin Capillary Wicks (II) – Effects of Volumetric Porosity and Mesh Size / Chen Li, G. P. Peterson // Journal of Heat Transfer. – 2006. – Vol. 128, (12) – P. 1320-1328.

[9] Das A.K. Performance of different structured surfaces in nucleate pool boiling / A.K. Das, P.K. Das, P. Saha // Applied Thermal Engineering. – 2009. – Vol. 29. – P. 3643-3653.

[10] Верховский В.В., Данилова Г.Н., Тихонов А.В. Внутренние характеристики процесса и теплообмен при кипении хладагентов на поверхностях с искусственными центрами парообразования // In: Proc. 4th Minsk International Heat and Mass Transfer Forum. Minsk, Belarus. – 2000. – P. 168-175.

[11] Arik M. Enhancement of pool boiling critical heat flux in dielectric liquids by microporous coatings / Mehmet Arik, Avram Bar-Cohen, Seung Mun You // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2007. – Vol. 50. – P. 997-1009.

[12] Sarwar M.S. Subcooled flow boiling CHF enhancement with porous surface coatings / Mohammad Sohail Sarwar, Yong Hoon Jeong, Soon Heung Chang // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2007. – Vol. 50. – P. 3649-3657.

[13] Forrest E. Augmentation of nucleate boiling heat transfer and critical heat flux using nanoparticle thin-film coatings / E. Forrest, E. Williamson, J. Buongiorno, L-W Hu, M. Rubner, R. Cohen // International Journal of Heat and Mass Transfer. – 2010. – Vol. 53. – P. 58-67.

[14] Шаповалов А.В. Теплоотдача при парообразовании в пористой структуре в условиях большого объема и капиллярного транспорта жидкости к зонам генерации пара // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого: научно - практический журнал. – 2005. – № 2. – С.15-22.

[15] Назаренко А.В. / Епифанов В.М., Золотогоров М.С., Назаренко А.В. Ревкин С.М. Эффективность охлаждения турбинных лопаток вдувом через локальные пористые участки // Известия АН СССР. Теплофизика высоких температур. – 1988. – Т.26, №3. – С. 618-620.

[16] Назаренко А.В. / Андреев К.Д., Липин А.В., Назаренко А.В., Полищук В.Г., Рассохин В.А., Соколов Н.П. Экспериментальное исследование эффективности воздушного конвективно-пленочного охлаждения сопловой лопатки первой ступени турбины // Теплоэнергетика. – 2008. – №3. – С. 41-47.

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А.

Капиллярлы-кеуекті ортадағы жылуберілім тапшылығы мен шекті жылуалмасу бетінің зерттеу

Түйіндеме. Торлы кеуекті құрылымдарда су қайнаған кезде жылу алмасу дағдарысы зерттелді. Зерттеу электр станцияларының жылу энергетикалық қондырғыларына (ГТҚ, ПТҚ) қатысты. Жану камераларының металл беттерін салқындатудың капиллярлы-кеуекті жүйесі және шүмектер металлургиялық элементтерден (оңтайландырылған құрылымды құрайтын металл торлардан) және табиғи минералды ортадан тұрады. Материал (құрылым және термобарьерлік жабындар) интеграцияланған (синергетикалық) болып табылады, және оның жақсартылған жылу техникалық және беріктік сипаттамалары бар. Табиғи поликристалды ортаны таңдау табиғи үлгілеу, ұқсастық және тікелей физикалық эксперимент арқылы жүргізілді. Критикалық жүктеменің шамасын есептеу қорытылған теңдеу бойынша ағынның жылдамдығы мен қызбауына байланысты жүргізіледі, одан сұйықтықтың қызбауы салқындаудың кеуекті жүйесінде жылу беру мүмкіндіктерін айтарлықтай кеңейтуге мүмкіндік береді.

Эксперименттер көрсеткендей, жабындар бірнеше рет термоциклдеу кезінде бұзылусыз елеулі деформацияға шыдайды және жану камералары мен шүмектерді пайдалану кезінде сынақтан өтті. Жылу алмасу дағдарысының және үстіңгі қабаттың шекті жай-күйінің нәтижелері ұсынылған, сыни жылу жүктемелерінің есебі жинақталған. Жүргізілген зерттеулер электр станцияларының ПТҚ және ГТҚ-да орын алады. Олар тұз шөгінділерін, ұшпа заттарды модельдеу, іске қосу-тоқтату (өтпелі) жұмыс режимдерінде тозу жарықтарының пайда болуын зерттеу, сондай-ақ салқындаудың капиллярлы-кеуекті жүйелерін құру кезінде қажет.

Кілт сөздер: қайнау дағдарысы, салқындату жүйесі, капиллярлы-кеуекті құрылымдар, газтурбиналық қондырғылар.

УДК 28.29.59

M.A. Alimova, D.M. Zhexebay, M.K. Ibraimov
(al-Farabi Kazakh national university, Almaty, Kazakhstan,
e-mail: margulan.ibraimov@kaznu.kz, alimova.madina@kaznu.kz, zhexebay92@gmail.com)

ENTROPY ANALYSIS IN ESTIMATING THE QUALITY OF SPATIAL ELECTROMAGNETIC NOISE

Abstract. In this paper dynamic systems described by nonlinear differential equations, and attractor was presented. The block diagram of the Henon attractor onto the FPGA is developed. An entropy analysis of the attractorwas performed depending on the number of cells.
Key words: informational entropy, logistic attractor, electromagnetic noise, FPGA.

М.А. Алимова, Д.М. Жексебай, М.К. Ибраимов
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан,
e-mail: margulan.ibraimov@kaznu.kz, alimova.madina@kaznu.kz, zhexebay92@gmail.com)

ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ

Аннотация. В работе представлены известные динамические системы, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями, или, отображениями. Разработана структурная схема расчета энтропии на MATLAB Simulink. Проведен энтропийный анализ отображения в зависимости от количества ячеек.
Ключевые слова: информационная энтропия, логистическое отображение, электромагнитное зашумление, ПЛИС.

Введение

Актуальные направления развития систем и средств вычислительной техники требуют разработки высокопроизводительных вычислительных устройств, в том числе и для сферы защиты информации. С развитием инфокоммуникационных сетей и внедряемых устройств возрастает потребность в создании эффективных аппаратных решений для выполнения энтропийного анализа сигналов с шумом [1-4]. Традиционно, при построении устройств обработки сигналов наблюдаемых в присутствии шума, характеристики измерительного шума считают априорно известными [5, 6]. Защита информации ограниченного доступа от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений решается организационными или техническими мерами, с применением пассивных или активных средств защиты. До настоящего времени решение задачи оценки уровня шума в наблюдении при неизвестном уровне сигнала были безуспешными. Существующие методы оценки являются недостаточно оптимальными из-за требуемого большого ресурса и времени обработки [7-13]. Поэтому возникает важная задача, связанная с оценкой качества шумового сигнала, порождаемого средствами активной защиты.

Результаты и обсуждение

Нестандартные аппаратные решения реализации оценки качества могут быть получены с использованием программируемых логических интегральных схем (ПЛИС) [14, 15], позволяющих проектировать цифровые устройства с использованием высокоуровневых языков описания аппаратуры. В отличие от обычных цифровых микросхем, логика работы ПЛИС не определяется при изготовлении, а задаётся посредством программирования. Для программирования используются программатор и IDE (отладочная среда), позволяющие задать желаемую структуру цифрового устройства в виде принципиальной электрической схемы.

Незаменимым инструментом оценки качества сложных реальных систем стала информационная энтропия. Информационную энтропию – меру неопределенности состояния некоторой физической системы – естественно измерять количеством информации, т.е. уменьшением энтропии этой системы после получения о ней сведений. Свойства энтропии H(x) оправдывают ее выбор в качестве характеристики степени неопределенности. Во-первых, она обращается в нуль, когда одно из

состояний достоверно, а остальные невозможны. Во-вторых, при заданном числе состояний энтропия обращается в максимум, когда эти состояния равновероятны, а при увеличении числа состояний она увеличивается. Энтропия рассчитывается по формуле:

$$H(x) = -\sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 p(i) = \sum_{i=1}^{n} p(i)\log_2 \frac{1}{p(i)} \quad (1)$$

Для исследования были приведены реализованные известные динамические системы, описываемые нелинейными дифференциальными уравнениями, или, отображениями. На рисунке 1 можно увидеть структурную схему отображения Хенона с параметрами a=1.4, b=0.3 на цифровых логических элементах, построенную в программном пакете MATLAB Simulink.

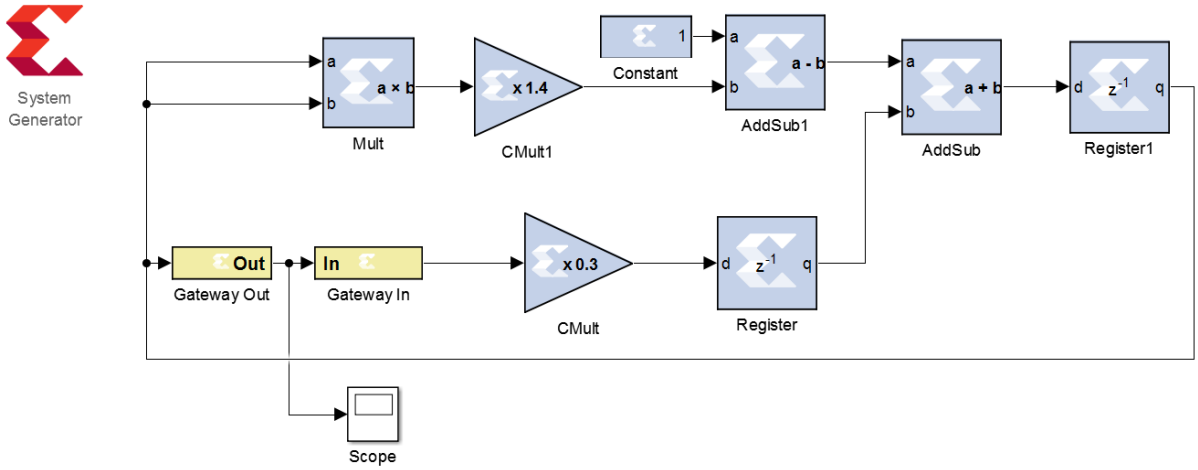


Рис. 1. Структурная схема отображения Хенона

Была разработана схемотехническая модель устройства для расчета энтропии (рисунок 2) по формуле (1), где в качестве p был взят сигнал, реализованный из 1000 точек. Схема собрана с помощью блока ISE Xilinx System Generator, который обеспечивает реализацию алгоритмов FPGA (ПЛИС), разработанных в MATLAB и Simulink, посредством генерации кода. Этот инструмент обеспечивает высокоуровневое представление устройства, абстрагированное от конкретной аппаратной платформы, которое автоматически компилируется в FPGA.

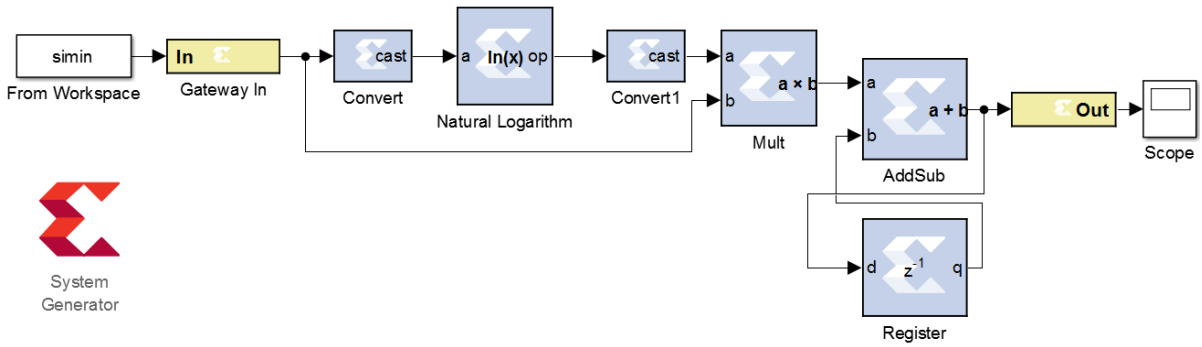


Рис. 2. Схемотехническая модель устройства для расчета энтропии сигнала

На рисунке 3 можно увидеть результат вычисления, график зависимости энтропии от числа ячеек, который показывает вероятность попадания одной точки в пределах одной ячейки и стабилизированное значение энтропии при достижении деления фазового портрета на 100 000 и более ячеек.

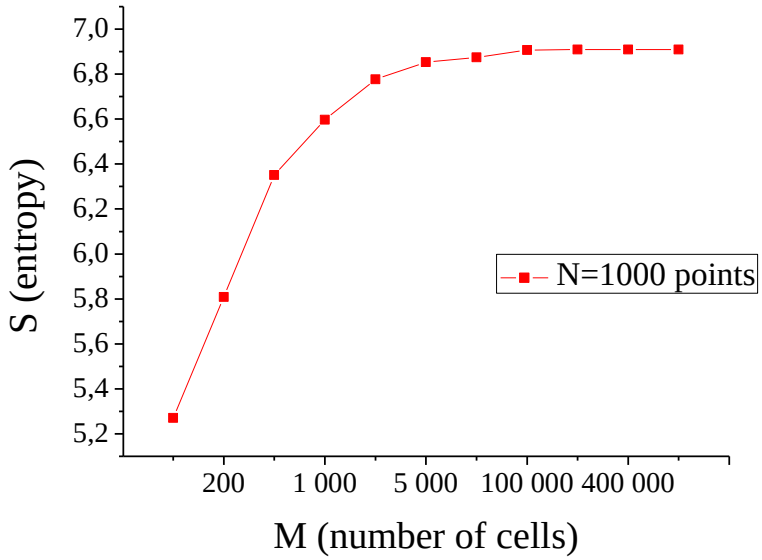


Рис. 3. Зависимость одномерной энтропии от числа ячеек

Также алгоритм расчета энтропии был реализован на программируемой логической интегральной схеме Artix 7 отладочной платы Nexys 4 с параллельным вычислением данных.

Заключение

Рассмотрены нелинейные динамические системы и динамические переменные систем как объекты измерений, а также энтропия Шеннона как эффективный инструмент оценки качества зашумленного сигнала. Реализованные сложные динамические системы показывают возможность создания цифрового генератора шумоподобных сигналов на основе собственных математических моделей.

В результате проведённых исследований разработана модифицированная схемотехническая модель оценивания качества сигнала, через энтропийный анализ.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Железняк В.К., Макаров Ю.К., Хорев А.А. Некоторые методические подходы к оценке эффективности защиты информации // Специальная техника. 2000. № 4. С. 39–45.

[2] Vondrasek M., Pollak P. Methods for speech SNR estimation: Evaluation tool and analysis of VAD dependency // Radio Engineering, vol. 14, NO. 1, p. 6–11, Jan. 2005.

[3] Adiel Freiman, Monika Pinchas. A Maximum Entropy inspired model for the convolutional noise PDF // Digital Signal Processing Volume 39, April 2015, Pages 35–49

[4] И. В. Гаврилов, “Методика оценивания качества маскирующего шума”, Тр. СПИИРАН, 43 (2015), 179–190.

[5] Ширман Я.Д., Манжос В.Н. Теория и техника обработки радиолокационных сигналов на фоне помех // М: Сов.радио, 1981. – 416 с.

[6] Артамошин С.А. Защита информации от утечки по каналу побочных электромагнитных излучений // Правовая информатика. – 2016. – № 3. – С. 4-12.

[7] Пашук, М.Ф., Панычев, С.Н., Суровцев, С.В. Универсальный показатель для оценки эффективности маскирующих и имитационных радиопомех. [Электронный ресурс] – http://www.ntc-reb.ru/article13.html

[8] Железняк В.К., Комаров В.Ф., Тараканов М.С. Устройство для контроля параметров генератора маскирующих шумовых сигналов // Патент РФ № 2111527, 20.05.1998. – 7 с.

[9] К.С. Васюта. Оценка уровня шума в его аддитивной смеси с хаотическим сигналом с использованием корреляционной энтропии // Система обработки информации, 2010, выпуск 2 (83), стр. 47-51.

[10] Тупота В.И. и др. Способ оценки качества маскирующих прямошумовых помех // Патент РФ № 2353057.2009. Бюл. № 11. 9 с.

[11] Зайцев А.П., Шелупанов А.А., Мещеряков Р.В. и др. Технические средства и методы защиты информации: учеб. для вузов // М.: ООО «Издательство Машиностроение». 2009. 508 с.

[12] И.В. Гаврилов. Методика оценивания качества маскирующего шума // Труды СПИИРАН. 2015. Вып. 6(43). ISSN 2078-9181.

[13] Жанабаев З.Ж., Алмасбеков Н.Е., Иманбаева А.К., Манапбаева А.Б., Ахтанов С.Н. Защита информации динамическим хаосом с фазовым управлением. // Материалы 7-й международной научной конф. «Хаос и структ. в нелин. сист», 15-17 июня, 2010. Караганда. – С. 13-20.

[14] R. Ghayoula, E. Hajlaoui, T. Korkobi, M. Traii, H. Trabelsi. FPGA Implementation of RSA // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2008. – Vol. 2, No. 8. – P. 848 – 852.

[15] K. Nakano, K. Kawakami, K. Shigemoto. RSA encryption and decryption using the redundant number system on the FPGA, in: Proceedings of the 2009 IEEE International Symposium on Parallel & Distributed Processing, Washington, DC, USA, 2009, pp. 1–8.

Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.

Кеңістіктік электромагнитті шуылдың сапасын бағалауда энтропиялық талдау

Түйіндеме. Жұмыста бейсызық дифференциалдық теңдеулермен логистикалық бейнелеумен сипатталатын белгілі динамикалық жүйелер ұсынылған. MATLAB Simulink-те энтропияны есептейтін құрылымдық сұлбасы құрылды. Ұяшықтар санына байланысты логистикалық бейнелеудің энтропиялық талдауы жасалынды.

Түйін сөздер: ақпараттық энтропия, логистикалық бейнелеу, электромагниттік шуыл, FPGA.

ӘОЖ: 004.4'2

G.A. Alkhanova[1], S.S. Zhuzbaev[2]
([1]Kazakh Humanitarian-Law Innovative University, Semey, Kazakhstan
[2]L.N.Gumilyov Eurasian University, Nur - Sultan, Kazakhstan
E-mai: gulnur_alhanova@mail.ru)

MODEL OF AN AUTOMATED EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX BASED ON A SEMANTIC NETWORK

Abstract. On the basis of semantic network the method of developing automated educational and methodical complex is presented. The requirements to such teaching and methodical complex are formulated, structural and formal samples of the tool on the basis of semantic network are presented. The purpose of the model development is to simplify the adoption of various educational and methodical complexes and optimize the work of the teacher by forming a holistic view of the subject area for students.

Key words: semantic network, educational process, educational and methodological complex, intellectual model, knowledge quality, automation.

Г.А. Алханова[1], С. С. Жүзбаев[2]
([1]Қазақ инновациялық гуманитарлық-заң университеті, Қазақстан,Семей
[2]Л. Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Қазақстан, Нұр -Сұлтан
E-mai: gulnur_alhanova@mail.ru)

СЕМАНТИКАЛЫҚ ЖЕЛІ НЕГІЗІНДЕ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ОҚУ ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІНІҢ МОДЕЛІ

Аңдатпа. Семантикалық желі негізінде автоматтандырылған оқу әдістемелік кешенін әзірлеу тәсілі баяндалған. Мұндай оқу әдістемелік кешеніне қойылатын талаптар тұжырымдалған, семантикалық желі негізінде құрал-сайманның құрылымдық және формальды үлгілері ұсынылған. Модельді әзірлеудің мақсаты білім алушылар үшін пәндік сала туралы тұтас түсінік негізінде құрастырылуы есебінен түрлі оқу әдістемелік кешенді қабылдауды жеңілдету және оқытушы жұмысын оңтайландыру болып табылады.

Түйін сөздер: семантикалық желі, оқу үрдісі, оқу әдістемелік кешені, интеллектуалды модель, білім сапасы, автоматтандырылған.

Кіріспе. Қазіргі уақытта біз ғаламтор арқылы адам құндылығын қалай жоғалтатынын байқаймыз, өйткені кез келген ақпарат пайдаланушыға санаулы секундта жеткізілуі мүмкін. Алайда, интернет адамға деректерді алу мен түсіндіруді қалдыра отырып, тек құжаттарға қол жеткізуге мүмкіндік береді. Интернеттің логикалық дамуы семантикалық желі тұжырымдамасында жарияланған (Semantic Web,) құжаттарды алудан білім алуға, сондай-ақ оларды автоматты өңдеуге көшу болып табылады [1].

Қазіргі уақытта семантикалық ресурстарды автоматты құру саласына, семантикалық желілердің санына үлкен ғылыми қызығушылық байқалады. Семантикалық ресурстарды автоматты құрудың

классикалық әдістері теориялық-графикалық әдістерге негізделген және еңбектерде ұсынылған Джона Совы (John Sowa), Эдуарда Хови (Eduard Howe), Роберто Навильи (Roberto Navigli), Патрика Пантель (Patrick Pantel), Деканга Лина (Dekang Lin), Криса Биманна (Chris Biemann), Ирины Гуревич (IrynaGurevych), Криштианы Феллбаум (Christiane Fellbaum), Хайнриха Шютце (Hinrich Schütze). Қазіргі заманғы әдістер Томас Миколовтың (Tomas Mikolov), Идо Даганның (Ido Dagan), Ричард Сошердің (Richard Socher) және т. б. еңбектерінде сипатталған сөздердің дистрибутивтік модельдері мен векторлық ұғымдарына негізделген. Ресей зерттеушілерінің арасында осы тақырып аясында Н. В. Лукашевич, П. И. Браславский, И. В. Азарова, Е. В. Падучева, С. О. Шереметьева, Ю. А. Загорулько жетекшілік еткен ғылыми топтар үлкен үлес қосты.

Бүгінгі таңда семантикалық желілерді автоматты түрде құрумен байланысты ғылыми зерттеулер саласы белсенді дамып келеді.

Автоматтандырылған оқу әдістемелік кешені деп оқу пәнінің бір бөлігі, оқу әдістемелік кешенінің мазмұны көрсетіледі, автоматтандырылған ақпараттық технологияларды қолдану арқылы білім алушыға жеткізіледі, құрылады, сақталады және жеткізіледі, оқытушыға, оқу әдістемелік кешеніді құру оңтайланады. Мұндай оқу әдістемелік кешенінің оқу материалдарын құрылымдық түрде ұсынуы тиіс.

Әр түрлі оқу әдістемелік кешеніді қарастырылатын пәндік саланың тұтастығы маңызды мәселе болып табылады.

Оқу әдістемелік кешені туралы тұтас түсінік жасайды және одан кейін әзірлейді. Бұл ретте білім алушының түрлі оқу әдістемелік кешені түсініктері арасындағы байланысты анық көруге мүмкіндігі бар. Бұл тұтас қабылдауға көмектеседі.

Автоматтандырылған оқу әдістемелік кешеніне қойылатын талаптар негізінде семантикалық желі ұғымдар. Негізгі сұрақтардың бірі пәндік аймақ туралы тұтас түсінік үшін базалық модельді таңдау болып табылады. Мұндай модель ретінде семантикалық желі қолданылады.

«Семантикалық желі» және «онтология» сөздерінің әдебиетінде білім инженерия саласына немесе ғылыми пән ретінде жасанды интеллекттің түрлі бөлімдеріне байланысты жеткілікті жақын контекстерде кездеседі [2].

Семантикалық желі - пәндік сала туралы білімді ұсыну үшін математикалық модельдердің ең қуатты класы [3].

Жалпы жағдайда семантикалық желі деп түр құрылымы түсініледі:

$$S = \langle O. R \rangle \quad (1)$$

мұнда S - семантикалық желі; O - пәндік саладағы көптеген объектілер; R -объектілер арасындағы көптеген қатынастар.

Сипатталатын семантикалық желі пән саласы, оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісімен атаймыз. Осылайша, пәндік сала туралы тұтас түсінікті семантикалық түсінік желісі негізінде жүзеге асыратын боламыз.

Маңызды сәт-нысандар арасындағы қарым-қатынас. Бұл қатынас объектілерді байланыстыру ғана емес, бұл қарым-қатынастың не екенін анық түсіндіру, оның мағыналық мәнін көрсету керек. Мысалы, HTML тіліндегі гиперсілтеме семантикалық қатынас емес, өйткені басқа элементке өтуге мүмкіндік береді, бірақ бұл элементтердің қалай байланысты екенін түсіндірмейді [4].

Демек, келесі талаптарды тұжырымдауға болады:

– пәндік аймақ туралы тұтас түсінік оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісі;
– ұғымдар арасындағы қатынастардың мағыналық мәнін түсіну.

Жұмыста «оқу үрдісі» түсінігі жүйелердің жалпы теориясы тұрғысынан талданады. Жүйенің жалпы теориясына сәйкес, «жүйе» ұғымы бір - бірімен байланысты және өзара әрекеттесетін көптеген элементтер ретінде анықталады, «үрдіс» ұғымы-жүйенің трансформациясы ретінде. S^0-кейбір жүйенің көптеген элементтері Σ болсын, β көптеген операциялар, S^0-жиынында анықталған. Онда жүйенің трансформациясы дегеніміз $S^1 = \beta(S^0)$ мұнда, S^1- Σ жүйенің көптеген элементтері, S^0 жиын элементтеріне β түрлендіруді қолдану нәтижесінде алынған. Оқыту үрдісін ұйымдастыру мұнда S^0-білім алушыларға сәйкес келетін оқыту жүйесі элементтерінің ішкі жиыны; β оқу материалын берудің көптеген операциялары; S^1 оқуды аяқтаған тұлғалар.

Жұмыста ұсынылған модельде τ деп білім алушылардың құзыреттілік деңгейін анықтау рәсімі түсініледі. Егер τ процедурасы S^0 әлеуетті білім алушыларға қолданылса, онда оны алдын - ала деп аталады, егер S^1оқуды аяқтаған болса, онда өткен тест деп аталады. Оқыту мақсаты жүйенің трансформациясының нәтижесі болуы тиіс. G-оқытудың мақсаты болсын, онда осы модельдегі трансформация ережесі мынадай түрде жазылады: $S^1 = \beta(S^0, G)$[3].

$\varphi(\tau)$ деп білім алушылардың құзыреттілік деңгейін өлшеуге мүмкіндік беретін құзыреттілік функционалы түсініледі, мысалы тест тапсырмаларының дұрыс орындалған пайызы. Ол кезде оқыту тиімділігін $\varphi\left(\tau(S^1)\right) - \varphi\left(\tau(S^0)\right)$.

Трансформациядан кейін алынған нәтижелерді алға қойылған мақсатпен салыстыру әдетте біршама айырмашылықты көрсетеді: $G - \varphi\left(\tau(S1)\right) \neq 0$. Егер бұл айырмашылық кейбір мүмкін қателіктерден көп болса, онда талап етілетін құзыреттілік деңгейіне жеткенше оқу үрдісін қайталауға болады.

Дидактикалық материалдарды оқу элементтері деп атайды:

1) оқыту мақсатын тұжырымдау;

2) ақпараттық материалдар;

3) оқу мақсатына жетуді тексеруге мүмкіндік беретін тесттер, сұрақтар.

Оқыту мақсаты деп оқыту үрдісінде қалыптасатын білімдерге қойылатын талаптардың нақты тұжырымдалуы түсініледі, ол білім алушы иеленетін немесе иеленбейтіндігін анықтауға мүмкіндік береді. Оқу элементтерінің жиынтығы оқу модулін құрайды. Оқу элементтерінен басқа, модульде осы модульге қатысты оқу мақсатының тұжырымы және тесттер, сұрақтар осы мақсатқа жетуді тексеруге мүмкіндік беретін мәселелер болуы тиіс. Тестілеу, мүмкіндігі оқу әдістемелік кешен үшін міндетті болып табылмайды, білім алушыларға оқу материалдарын меңгеруде көмектесетін бақылау сұрақтарымен жұмыс істеу мүмкіндігі де қарастырылады.

Жетекші сұрақтар білім алушыға қандай да бір элементті зерттеу қажеттілігін түсінуге, ал растау сұрақтарын - алған білімдерін қайталауға көмектеседі. Келтірілген ақпарат негізінде құрал моделіне қойылатын талаптарды тұжырымдауға болады:

– білім алушыға жетекші сұрақтарды қалыптастыру

– оқу материалдарын семантикалық ұғымдар жүйесінің ұғымдары мен қатынастарына байланыстыру;

– оқыту мақсаттарын қолдану;

– оқу мақсаттарының оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісімен байланысы;

– ағымдағы білім моделінің көмегімен білім алушының жетістіктерін тұтас қабылдау.

Аталған талаптарды ескере отырып, ұғымдардың семантикалық жүйесі негізінде автоматтандырылған оқу әдістемелік кешенінің моделі ұсынылуы мүмкін.

Автоматтандырылған оқу әдістемелік кешенінің құрылымдық моделі ұғымдардың семантикалық жүйесі негізінде. Ұсынылған үлгінің негізгі элементі - оқу әдістемелі кешені ұғымдарының семантикалық желісі. Оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісі оқу құралдарындағы ақпаратты ұғымдар мен ұғымдар арасындағы қатынастар түрінде сипаттайды. Түсініктердің арасындағы ұғымдар мен қатынастар түсініктер мен қатынастармен байланысты көптеген бақылау сұрақтары мен көптеген ресурстарға (URL адрестерге) сілтеме жасай алады.

Оқу әдістемелік кешені - оқытудың көптеген мақсаттары. Оқыту мақсаты - оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісіне кіретін көптеген ұғымдар мен қарым-қатынастарды ретке келтіру.

Семантикалық желі негізінде автоматтандырылған оқу әдістемелік кешені формальды моделі. Оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық жүйесін анықтасақ:

$$TG = \langle TGT, TGR \rangle, TGT = \{tgti\}, TGR = \{tgrj\}$$

Бұл жерде TG - оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісі;

TGT - оқу әдістемелік кешені жасалатын пәндік саланың негізгі элементтері, көптеген ұғымдар;

TGR - ұғымдар арасындағы қатынастар, байланыстар;

$tgti$ - оқу әдістемелік кешені түсінігі;

$tgrj$ - түсініктердің арасындағы қатынас.

Көптеген оқу әдістемелік кешені

$$CRC = \{crs_i\}$$

Бұл жерде CRC - көптеген оқу әдістемелік кешені; crs_i – оқу әдістемелік кешен,

$$crs_i = \langle id, eid, crs_{NM}, LG \rangle, LG = \{lg_i\};$$

crs_{NM}- оқу әдістемелік кешен атауы;

LG - оқу әдістемелік кешенінің көптеген мақсаттары;

lg_i - оқыту мақсаты.

Оқыту мақсаты оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісінде реттелген көптеген ұғымдар мен қатынастар ретінде анықтаймыз:

$$lg_i = \langle id, eid, lg_{NM}, \{tg_i\}\rangle, tg_i \in (TGT \cup TGR),$$

lg_i – оқыту мақсаты, lg_{NM} - оқу мақсатының атауы, tg_i - оқу мақсатының элементі, оқу әдістемелік кешені ұғымдарының семантикалық желісінің біріккен көптеген ұғымдары мен қарым-қатынасына тиесілі.

Әр түрлі оқу әдістемелік кешенінде қарастырылатын пәндік сала тұтастығының мәселелерін шешу үшін семантикалық түсінік жүйесі негізінде автоматтандырылған оқу әдістемелік кешені моделі ұсынылды.

Модель ұғымдардың, оқу әдістемелік кешенінде, оқыту мақсаттарының, бақылау сұрақтарының арасындағы ұғымдар мен қатынастардың формалды сипаттамасын қамтиды. Білім алушының ағымдағы білім моделі оқу әдістемелік кешенінің оқу мақсаттарын орындау дәрежесін сипаттайды.

Ұсынылған ұлгі оқу әдістемелік кешенінде пәндік саласы туралы біртұтас түсінік негізінде әдістемелік кешеніндерінің нұсқасын әзірлеуге мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Berners-Lee T., Hendler J., Lassila O. The Semantic Web // Scientific American Magazine. – May, 2001.

[2] ГавриловаТ.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб:Питер, 2000. С. 384.

[3] Башмаков А.И., Башмаков И.А. Интеллектуальные информационные технологии // М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005. С.304.

[4] Lohmann S., Negru S., Haag F., Ertl T. Visualizing Ontologies with VOWL // SemanticWeb.2016.Vol.7,no.4.P.399–419

Алханова Г.А., Жүзбаев С. С.

Модель автоматизированного учебно-методического комплекса на основе семантической сети

Резюме. На основе семантической сети изложен способ разработки автоматизированного учебно-методического комплекса. Сформулированы требования к такому учебно-методическому комплексу, представлены структурные и формальные образцы инструмента на основе семантической сети. Целью разработки модели является упрощение принятия различных учебно-методических комплексов и оптимизация работы преподавателя за счет формирования целостного представления о предметной области для обучающихся.

Ключевые слова: семантическая сеть, учебный процесс, учебно-методический комплекс, интеллектуальная модель, качество образования, автоматизированность.

N. Amangeldy, S. Kudubaeva

(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
e-mail. saule.kudubayeva@gmail.com nurzadaamangeldy@gmail.com)

METHOD OF DISCRIMINATION OF RELATED FIELDS AND CORRELATION METHOD FOR DETECTION PHRASES IN KAZAKH SIGN LANGUAGE

Abstract. The approaches to the detection and recognition of gestures in the implementation of intelligent human-machine interface technology are considered. A new algorithm based on the Viola-Jones detector, its modification and the method of selecting related areas is proposed, and the method of correlation analysis is used to recognize gestures on the video sequence. The results of testing the proposed algorithm are presented. It is shown that the use of this algorithm makes it possible to efficiently recognize phrases gesture in video sequences

Key words: gestures recognition, human-machine interface, Viola-Jones detector, correlation analysis, sign language translation, standard.

Н. Амангелді, С.Ә. Кудубаева

(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан.
e-mail. saule.kudubayeva@gmail.com nurzadaamangeldy@gmail.com)

ҚАЗАҚ ЫМ ТІЛІНДЕГІ СӨЗ ТІРКЕСІН ТАНУДЫҢ БАЙЛАНЫСҚАН ОБЛЫСТАРДЫ БЕЛГІЛЕУ ЖӘНЕ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ

Аңдатпа. Интеллектуалды адами-машиналық интерфейс технологиясын жүзеге асыру барысында ымдарды айқындау және тану амалдары қарастырылған. Виола-Джонс детекторы, корреляциялық талдау және

байланысқан облыстарды белгілеу әдісі негізінде жаңа алгоритм ұсынылған. Ұсынылған алгоритмнің жұмысын тестілеу нәтижелері ұсынылған. Атап өтілген алгоритмді пайдалану ым тілінде бейнетізбекке жазылған сөз тіркестерін тиімді тануға мүмкіндік беретіні көрсетілген.

Кілттік сөздер: ымдарды тану, адами-машиналық интерфейс, Виола-Джонс, корреляциялық талдау, сурдоаударма, эталон.

ЫМ тілідерге және олардың ерекшеліктеріне арналған интеллектуалды технологиялар (соның ішінде, қазақ ым тілі үшін де) әлемдік ғылымда өзіне әлі де назар аударған жоқ, сондықтан, мұндай технологияларды жасақтау өзекті болып табылады. Сонымен бірге, қазақ ым тілі жартылай жоғалуда, сондықтан, ол тіл мамандары, сурдоаудармашылар және бағдарламалық қамтама әзірлеушілер тарапынан көп көңіл бөлінгенді талап етеді.

Елімізде қазақ ым тілі (ары қарай ҚЫТ)с урдоаудармашыларының жетіспеушілік мәселесі шиеленісуде. Ең алдымен, ол мектептер мен болашақ мамандарды оқытуға мүмкіндік беретін белгіленген мемлекеттік стандарттың жоқтығына байланысты. Бұдан басқа ҚЫТ үш негізгі диалект бөлінеді: солтүстік-шығыс, оңтүстік және батыс. Ол қазақ ым тілі элементтерін зерттеу кезінде қиындықтар туғызады.

Қазақстандық ғалымдар www.surdo.kz сайтын жасақтаған болатын, онда XX ғасырдың басында Қазақ саңыраулар қоғамы орыс ым тілії негізінде жасақтаған саусақты әліппе, саусақты-ым тілі сөздігі, қосымша парақтар: мақал-мәтелдер, әндер, сурдоаудармаланған ертегілер бар[1]. Қазақстанда ым тілін, шамамен, жарты миллион адам қолданады, ал, оларға көмектескісі келетін аудармашылар саны жүз есе кем. Дәрігерге немесе нотариусқа бару, университетте оқу – осының бәрі аударуды қажет етеді. Еуропада және Америкада жедел жәрдем қызметкерлері, полицейлер және бірқатар мамандықтар ым тіліді білу және түсіну қажет. Қазақстанда бұл күрделі мәселе болып табылады. Сұраным жасау немесе ақша төлеу арқылы аудармашының көмегін алуға болады, сондықтан, осындай қызмет түрлерін сирек пайдаланады[3,6].

Сонымен бірге, Қазақстанда "Surdo-Online" әлеуметтік жобасы қызмет көрсетуде, бұл жоба қоғамдағы керең-мылқау және қақас еститін адамдар үшін әлеуметтік сауықтыру және бейімделу болып табылады, әртүрлі меншік нысанындағы барлық ұйымдар мен кәсіпорындарда сапалы қызмет көрсету сервисімен қамтамасыз етеді, сонымен қатар, бұл жоба үш жүзден астам адамды жұмыспен қамтып отыр, болашақта "Surdo-Online" бүкіл Қазақстан Республикасының аумақтарында қызмет етуге мүмкіндік береді.

Бар шешімдерді талдау нәтижесінде қол қалпын тануға арналған және аталған талаптарды қанағаттандыратын мамандырылған классификатор әлі де жоқ екені туралы қорытынды жасауға болады. Қол қалрының еңбелгілі классификаторы Джонс-Виола детекторы және оның түрленімдері болып табылады, олар көптеген еңбектерде қолданылған. Бұл детектордың кемшіліктері ұзақ оқыту мерзімі, суреттер дерегінің үлкен базасын қажет ету, объектілердің қисауы мен деформациясына сезімталдығы [5]. Бірақ, бұл детектор оның жұмыс дәлдігіне және жылдамдығына байланысты қолды бейнекадрларда шынайы уақыт режимінде айқындау есебі үшін ең жақсы үміткер болып табылады .

Ұсынылып отырған алгоритм Виола-Джонс детекторы, корреляциялық талдау және байланысқан облыстарды белгілеу әдісі негізінде бейнетізбектегі динамикалық ымдарды тануға мүмкіндік береді. Аталмыш алгоритм келесі қадамдардан тұрады.



1-сурет. Видео жазба

1 қадам. Тәжірибе Math Works MATLAB R2018a инженерлік, ғылыми-техникалық және экономикалық есептерді шешуге арналған мамандандырылған пакеті арқылы өткізілген.

Бейне файлды оқып 1- сурет, бет детекторын іске қосамыз. Ең алдымен, vision.CascadeObjectDetector каскадтық объектінің детекторын іске қосамыз, ол беттің және/немесе оның мүшелерінің (мұрынның, көздің және ауыздың) бейнекадрдағы орналасқан жерін анықтайды.

Каскадты объект детекторы Виола-Джонс тану алгоритмін және алды ала дайындалған классификациялық модельді қолданады. Әдетте детектор бетті табуға бейімделген, бірқ оны басқа да объектілерді таубға баптауға болады.

VidObj видкокадрын алу үшін көрсетілген видео жазбаны оқимыз.

vidObj = VideoReader([path '\' num2str(el(q).name)]); ..

Видеодағы *vidObj* кадрлары үшін *S* структурасын дайындаймыз.

s = struct('cdata', zeros(vidHeight, vidWidth, 3, 'uint8'), ...

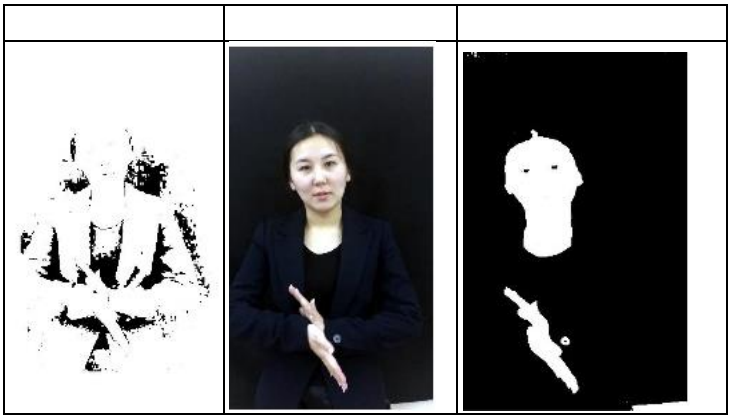
функциясы кадр ені мен ұзындығына тең нөлдер массивін құрады. Барлық кадрлардан өтіп, дайындалған құрылымға кадрларды жазамыз.

2 қадам. Кадрды оқығаннан кейін гамма-коррекция жасаймыз. Гамма –коррекция- бұл *frame* суретінің жарықтығын түзету операциясы, сызықтық емес жарықтық сипатамасы бар әртүрлі құрылым мониторында суретті бірдей ұсыну үшін қажет. Жарықтық диапазоны 0 ден 255-ке дейін сандық суреттерді өңдегенде төмендегі формала қолданылады.

frameGK=255(frame/255)λ*

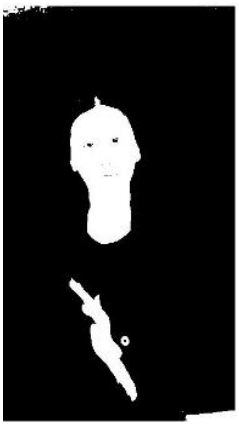
Егер сурет қараңғы немесе өшкін көрінсе, гамма –коррекция осы қателерді жөндеу үшін қажет.

3 қадам. Жарықтық шегі бойынша imbinarize функциясының көмегімен бинарлы сурет жасаймыз. Бұл мақсатта толық түсті және палитралы суреттер жартылай реңдік суреттерге түрленеді. Бинарлы деңгейлер:



2-сурет. Бинарлы деңгейлер

frameRbw = imbinarize(frameGK(:, :, 1), levelR); % қызыл
frameGbw = imbinarize(frameGK(:, :, 2), levelG); % жасыл
frameBbw = imbinarize(frameGK(:, :, 3), levelB); % көк
frameRGBbw = (frameRbw&frameGbw&frameBbw); % каналдар қосындысы

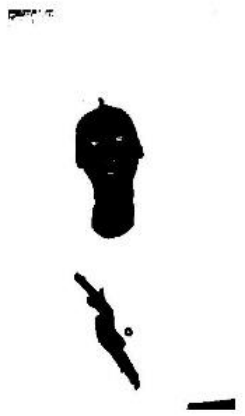


3-сурет. Каналдар қосындысы

frameRGBbwComp = imcomplement(frameRGBbw); ...

4 қадам. *frameRGBbwComp =imcomplement(frameRGBbw)* функциясы *frameRGBbw* суретіне комплемантарлы толықтауышты есептейді.

Бинарля суретті толықтырған кезде 1-лер 0-ге, 0-дер бірге алмастырылады.



4-сурет. Комплементарлы қосынды

5 қадам. Келесі қадам морфологиялық құрылымдық элемент құрамыз. Мөлшер 3*3 жоғары құрылымдық элементтер үшін strel функциясын құрамыз.

seDisk = strel('octagon', 6)

функциясы сегізбұрышты құрылымдық элементтер құрады, мұндағы R құрылымдық элементтің центрі мен қабырғасына дейін қашықтықты білдіреді.

Ары қарай морфологиялық операция жасаймыз frameRGBbw бинарлы немесе жартылай реңді суретті seDisk элементі арқылы ашамыз.

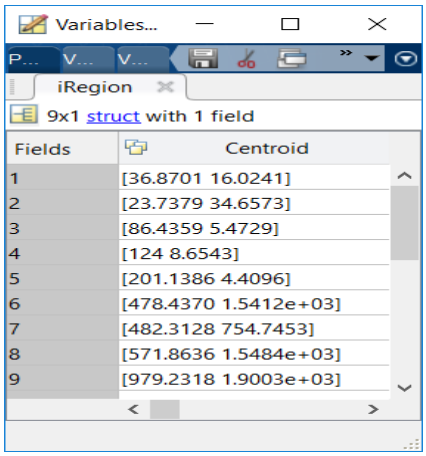
IopenedDisk = imopen(frameRGBbw, seDisk); ...

6 қадам. Келесі қадам объектілерді (байланысқан облыстарды) есептеу. Суреттегі байланысқан облыс дегеніміз жарықтығы ұқсастық бекітілген критерийлерін қанағаттандыратын пикселдер жиынтығы.

[labeled, numObj] = bwlabel(IopenedDisk, 4)

Келесі функция әр облысқа сипаттамалар жиынтығы есептейді.

iRegion =regionprops(IopenedDisk, 'centroid')



5-сурет. Облыс сипаттамалар жиынтығы

7 қадам. Белгіленген объектілер ішінен болжамданған қолды табамыз. Эталондарды матрицаға жазамыз.

Create pattern matrices /mask.

/if (i >= et(1) && i <= et(2))

/matrix = cat(1, matrix, hand_resize);

Эталондық матрицадағы қолдың фрагменттері төмендегі суретте көрсетілген.



6-сурет. Болжамданған қол

Идеалды «ақ-қара» эталондар тану алгоритмін машиналық жүзеге асыру тұрғысынан жады мен уақыт үшін тиімді.

8 қадам. Эталонмен салыстыру әдісінің түрленімі корреляциялық әдіс болып табылады, ол эталон мен кескіндеме арасында өзара корреляциялық функцияны есептеуге негізделген.

Корреляция - екі немесе бірнеше кездейсоқ шамалардың статистикалық өзара байланысы (немесе кейбір ұйғарынды дәлдік дәрежесімен мұндай деп атауға болады). Сондай-ақ, бір немесе бірнеше шамалардың өзгеруі басқа шамалардың жүйелі өзгеруіне әкеледі. Екі кездейсоқ шамалардың корреляциясының математикалық мөлшері корреляция коэффициенті болып табылады.

Суреттердің классификациясы келесі нәтиже бойынша жүргізіледі: өзара корреляция функциясының мәні неғұрлым үлкен болса, соғұрлым эталон суретпен сәйкес келеді.

```
/b = corr2(hand_resize, masks1(w:u,:)); % Correlation calculation
    /if (b > max) % The current correlation is greater than the previous one.
      /max = b;
    /end
    /if (max <= 0.10) % Correlation is less than half
      /break;
    /end
    /if (max >= 0.99) % Correlation is greater 90%
      /textT = '1'; % gesture in the database
      /accuracy(str2double(textT), i) = max; % Accuracy
      /break;
    /end
```

Қорытынды

Кескіндемелерді корреляциялық тану әдістері және эталонмен тура салыстыру әдістері олардың объектілердің жергілікті және фондық бұрмалауға қатысты жоғары тұрақтылығына байланысты компьютерлік көруде қолдану келешегі бар.

Амалдың сөзсіз артықшылығы көзбе-көз объектілерді тану кезінде пайда болатын мүмкін шарттардың әралуандығын есептеуге байланысты оның әмбебаптылығы болып табылады.

Бейнені корреяциялық тану әдістерін пайдалану арқылы Виола-Джонс алгоритмін қолдану жақсы нәтиже әкелді:

Сөздер -86-98%

Сөз тіркестері 78-92%

Сөйлемдер- зерттелуде

ЛИТЕРАТУРА

[1] http://www.parlam.kz/ru/senate/press-center/article/35658. 2018 жылғы 16 ақпандағы № 15-13-32д/з Қазақстан Республикасы Премьер-Министрінің Жауабы

[2] http://surdo-online.kz/

[3] Кудубаева С., Ермагамбетова Г.Н .. 2014. Қазақтың ежелгі сөйлеуінің параметрлік ұсынуы. Тип 2014.Нови Сад. Сербия.

[4] Виола П. және Джонс М. 2001. Қарапайым функциялардың күшейтілген каскадын қолдана отырып объектілерді жылдам табу. IEEE компьютерлік қоғамы. Вашингтон. АҚШ.

[5] Нгуен Т.Т. 2001. Haar және Adaboost классификаторының белгілерін қолдана отырып, бейне ағынында нақты уақытта қолды анықтау. «Нейроинформатика, оны қолдану және деректерді талдау» XIX Бүкілресейлік семинар материалдары. Красноярск. Ресей.

[6] Кудубаева С. Рюмин Д., Сндетбаева А., Крак Ю .. Қол қимылдарын есептеу. Іс жүргізу. XI Халықаралық ғылыми-техникалық конференция. Львов, Украина.

[7]. Буй Тхи Т.Ч.,. Фан Х., Спицин В.Г. 2011. Виола-Джонс әдісін, толқын түрлендіру және негізгі компоненттік әдісті қолдану негізінде бетті тану. Томск политехникалық университетінің жаңалықтары. - Томск. Ресей.

[8] Чен Q.2008. Нақты уақыттағы көру негізінде қолды бақылау және қимылды тану. Оттава университеті. Оттава, Канада

[9] Гонсалес Р., Вудс Р. 2006. Сандық суретті өңдеу

[10] http://matlab.exponenta.ru/imageprocess/index.php

[11] Кудубаева С. .Крак Юу.В., Лисняк М.П., Ермагамбетова Г.Н. 2016. Kinect сенсоры арқылы статистикалық қимылды автоматты тану жүйесі. Ақпараттық және коммуникациялық технологияларды қолдану. Баку. Әзірбайжан.

Амангелді Н., Кудубаева С.Ә.

Методы выделения связанных областей и корреляционного анализа для распознавания фраз казахского жестового языка

Резюме. Рассмотрены подходы к обнаружению и распознаванию жестов при реализации технологии интеллектуального человеко-машинного интерфейса. Предложен новый алгоритм на основе детектора Виолы-Джонса, его модификации и метода выделения связанных областей, использован метод корреляционного анализа для распознавания жестов на видеопоследовательности Представлены результаты тестирования работы предложенного алгоритма. Показано, что использование указанного алгоритма дает возможность эффективного распознавания жеста из одного слова и словосочетании на видеопоследовательностях.

Ключевые слова: рраспознавание жестов, человеко-машинный интерфейс, детектор Виолы-Джонса, корреляционный анализ, перевод жестового языка.

N. Amangeldy, S. Kudubaeva
(L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan.
e-mail. saule.kudubayeva@gmail.com nurzadaamangeldy@gmail.com)

OVERVIEW OF THE SUBJECT AREA OF THE KAZAKH GESTURE LANGUAGE RECOGNITION TASK. PROBLEM STATEMENT

Abstract. This paper explores an approach to the development of classes for various movements of a person's hands when demonstrating gesture information. The localization of the hand relative to the body, the direction of hands movement and the orientation of the palm are taken as the main properties when showing gestures. To build classes, it is proposed to use an ontological model of the subject area, focused on the problems of recognizing the gesture language. To analyze the data and build the ontological model, about a thousand gestures that characterize the possible variations of gestures in the form of their demonstration were taken. As a result of research, more than two hundred different classes were identified for which various methods and recognition algorithms are developed taking into account the specifics of the classes.

Н. Амангелді, С.А. Кудубаева
(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Сұлтан, Қазақстан)

ҚАЗАҚ ЫМ ТІЛІН ТАНУ ЕСЕБІНІҢ ПӘН ОБЛЫСЫНА ШОЛУ. ЕСЕПТІҢ ҚОЙЫЛУЫ

Аңдатпа. Бұл жұмыста ымдық ақпаратты көрсету кезінде адамның қолының әртүрлі қимыл-қозғалыстарын құру тәсілдері қарастырылған. Қолдың денеге қатысты локализациясы, қолдың қозғалыс бағыты және алақанның бағыты- ымдарды көрсету барысында негізгі қасиеттер ретінде қабылданады. Класстарды құру үшін ым тілін тану проблемаларына бағытталған пәндік аймақтың онтологиялық моделін қолдану ұсынылады. Мәліметтерді талдау және онтологиялық модель құру үшін, олардың демонстрация түріндегі ымдаудың мүмкін болатын түрлерін сипаттайтын мыңға жуық қимыл зерттелді. Зерттеулер нәтижесінде екі жүзден астам әртүрлі сыныптар анықталды, олар үшін сыныптардың ерекшелігін ескере отырып, әртүрлі әдістер мен тану алгоритмдері жасалды.

Кілттік сөздер: ымдарды тану, адами-машиналық интерфейс, Виола-Джонс, корреляциялық талдау, сурдоаударма, эталон.

Ым (лат. gestus – дене қозғалысы) – белгілі бір мағынаға ие, яғни символ немесе эмблема болатын адам денесінің немесе оның бөліктерінің қозғалысы.

Ыммен сөйлеу дегеніміз - арнайы лексикалық және грамматикалық заңдылықтармен сипатталатын, есту қабілеті бұзылған адамдардың қимылдары қолдайтын тұлға аралық қарым-қатынас әдісі.

Ым тілі- бұл есту қабілеті қалыпты адамдар мен есту қабілеті бұзылған адамдар арасындағы вербалды емес байланыс жүйесі, ал соңғысы - бұл іс жүзінде әр сөзге сәйкес қимылды табуға болатын қарым-қатынастың негізгі әдісі ретінде қолданылады [1]. Ым тілінің негізгі бірлігі - бұл ым, яғни қолдың қимыл-қозғалысы, бет әлпет мимкасы мен артикуляциясы, басты бұру және т.б. көмегімен затты белгілеу мүмкіндігі, объектінің параметрлерін визуализациялау.

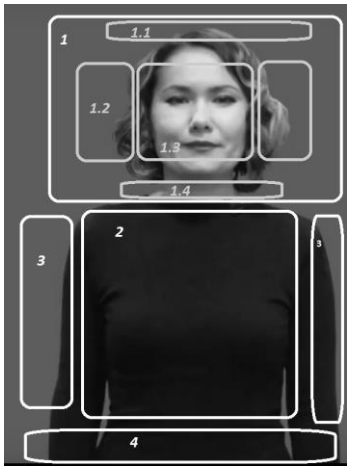
Көп жағдайда ым тілінің көмегімен есімдер мен тектерді, шетелдік, техникалық және медициналық анықтамаларды жеткізу мүмкін емес. Сондықтан ым тілімен қатар, оған қосымша ретінде саңыраулар (есту қабілеті мүгедектері) дактильді әліппені кеңінен қолданады. Дактильді тіл грамматикасы саңыраудың туған тілі грамматикасына ұқсайды. Дактилогоияны көбінесе саусақтармен ауада жазу деп айтуға болады: визульды қабылданады және жазбаша сөйлеу сияқты орфографияның барлық ережелеріне сүйенеді.

Кесте 1. **Қазақ ым тілінің ымдарын деманстрациялау кезінде алынған негізгі параметрлер**

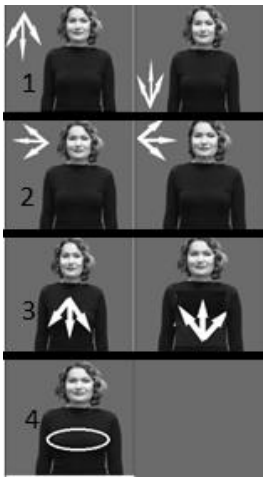
Локализация- ым орындалу орны(сурет -1)		**Ω**
1	in_the_head_area – бас маңында	HA
1.1	over_the_head – бастың үстінде	HA/OH
1.2	right_left_of_the_head – бастың оң және сол жағында	HA/RLH
1.3	touching_face – бетке жанасады	HA/TF
1.4	touches_the_neck – мойынға жанасады	HA/TN
2	neutral_zone – нейтральді аймақ	NZ
3	near_the_right_shoulder – оң жіне сол иық маңында	NRLSH
4	at_the_waist – бел маңында	W
Алақан, білек бағыты		**ψ**
1	palm_look_right_or_left – алақан оңға, солға, жоғары, төмен қараған	PLRLUD
2	palm_looks_to_from_speaker – алақан ораторға немесе оған қарсы қараған	PTFS
Қозғалыс испаты мен бағыты (сурет-2)		↔
1	from_to_the_speaker – ораторға немесе оған қарсы бағытталған	TFS
2	down_up_ward_Left_right_movement – оңға, солға, жоғары, төмен бағытталған	DULRS
3	circular_movement – айналмалы қозғалыс	CM
4	Motionless-қозғалмайтын, статикалық	ML
Класстар		**K**
1	one-handed-1 қолмен	1H
2	two-handed-2 қолмен	2H
2.1	do not intersect-екі қол жанаспайды	NTINT
2.2	Intersect-екі қол жанасады	INT

Бірақ тыныс белгілері емес: леп белгісі мен сұрақ белгісі тиісті мимика арқылы жеткізіледі; нүкте мен көп нүкте паузамен; сызықша, қос нүкте жіне басқа да тыныс белгілерінің өзіндік көрсету түрлері болғанымен, дактильді жазбада көрсетілмейді.

Ыммен көрсетуді параметрлеу үшін қимылды бес компонент ажыратады: конфигурация (қол / білек), орындау орны (локализация), қозғалыс бағыты, қозғалыс сипаты және қолмен жасалмайтын компонент (бет әлпеті мен артикуляциясы) [1,2]. Ымды деманстрациялау кезінде негізгі қасиеттер ретінде локализацияны, алақан қозғалысы мен бағытын аламыз және үлгіні құру үшін келесі түсінік пен белгілерді енгіземіз (кесте 1).

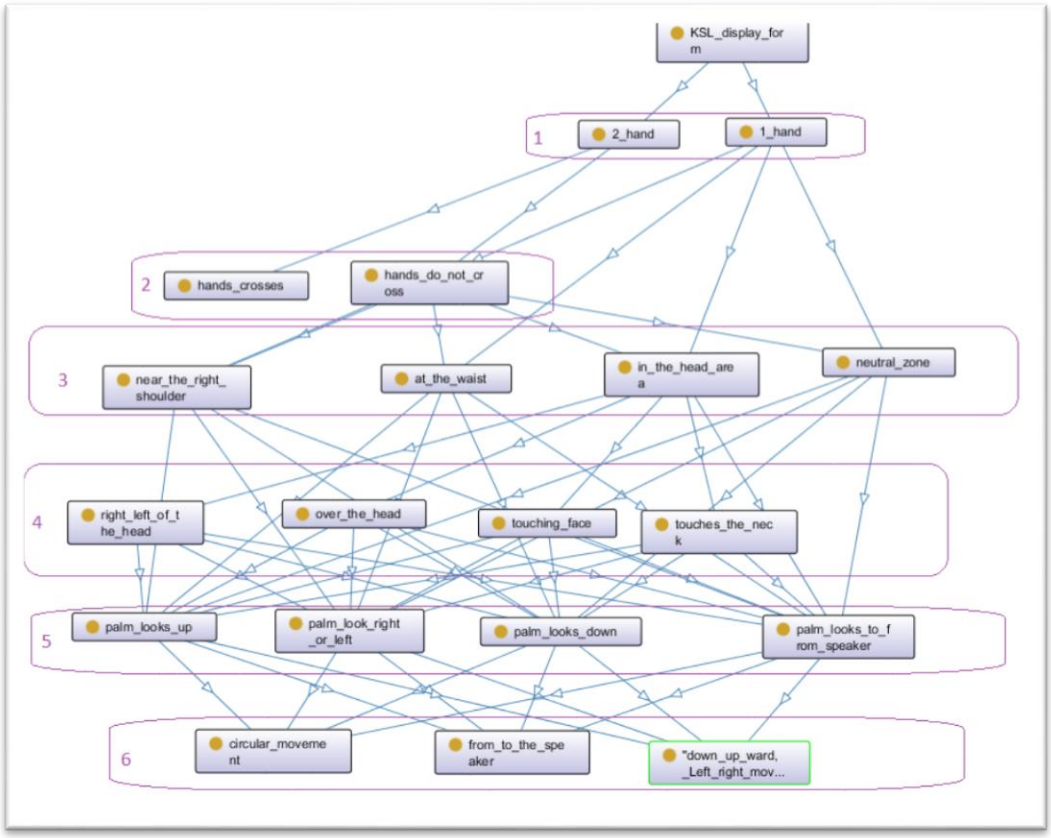


1-сурет. Локализация (ымның орындалу орны)



2-сурет. Қозғалыс бағыты (тура, үздік, секірмелі, қайталанатын)

Онтологиялық модель Protégé 5.5.0 beta ортасында құрылып тексерілді. Қазақ ым тілінің бүгінгі таңдағы бар сөздігін зерттеу нәтижесінде [4], ымды ұсыну нысаны, ымның құрамдас элементтерінің орны мен бағыты бойынша, онтологиялық модель қазақ ым тілінің ұсынылу формасының 204 класын көрсетіп отыр. Бұл жерде екі қол жанасу бойынша тармақталатын класстар енгізілмеген, себебі мұндай ымдар арық қарай толық анализді қажет етеді.



3-сурет. Онтологикалық модель

Ақпараттық технологиялар контекстіндегі онтологиялық модель белгілі бір пәндік аймақтың тұжырымдамалары мен терминдерінің (құрылымы, моделі) иерархиялық жүйесімен ұсынылады [3]. Пәндік аймақтың онтологиялық моделін жасау үшін қазақша ым тілі таңдалды, мыңға жуық сайтта көрсетілген [4] іс-қимыл сөздігі алынды.

Онтологияның негізгі компоненттері - бұл класстар немесе ұғымдар. Класстар - бұл басқа кластарды немесе екеуінің де тіркесімін қамтитын абстактілі топтар. Онтологиядағы класстар көбінесе таксономия болып ұйымдасады- ұғымдардың қосылуына қатысты иерархиялық классификациясы.

Онтологиялық модельді құру үшін бірінші деңгейдегі ым класстары анықталды – бір қолды (ым бір қолмен демонстрацияланады) және екі қолды (ақапарат екі қолдың қимылы арқылы ұсынылады). Әр класстың толығырық ақпаратты қамтитын төменгі сатылы класы болуы мүмкін.

Кейбір класстарға сипаттама

Жалпы ымдарды статикалық және динамикалық деп бөлуге болады.. статикалық ымдар дегеніміз кеңістікте, еш қимылсыз қолдың қалпы (сурет-4,5), ал динамикалық ым дегеніміз белгілі уақыт аралығында қолдың бастапқы нүктеден соңғы нүктеге дейінгі тізбектелген қозғалысымен сипатталады.Сонымен қатар статикалық ымдарға дактильді әліабиді жатқызуға болады. Қазақ дактильді әліпбиінде, қазақ тілі әліпбиіндегідей 42 әріп бар.



4-сурет. Бір қолды статикалық ымдар класы



5-сурет. Екі қолды статикалық ымдар класы

Екі қолды ымдарды симметриялы деп атаймыз, егер екі білек формасы және қозғалыс бағыты сәйкес келсе немесе бір-бірінің қозғалысын айнадағыдай қайталаса.

Классификация зерттелген мың ымның 350-ге жуығы бір қолмен, 650-ге жуығы екі қолмен көрсетіледі.

Симметриялық емес екі қолды ымдарда көбінесе бір қол қозғалмайды, немесе әлсін қозғалады-бұл қол пассивті деп аталады, ал екінші қол күрделі қозғалыс жасауы мүмкін-бұл қол активті деп аталады, көбінесе активті қолдың формасы мен қозғалысы ымды анықтауға мүмкіндік береді.

Төмендегі шарттарды қанағаттандыратын бір қолды және екі қолды ымдар класстары үшін біздің [7] жұмысымызда мұндай ымдарды тану алгоритмі ұсынылды (сурет 6,7,8):

−Ω NZ ψ PTFS↔ DULRS;

−Ω NSH ψ PTFS↔ DULRS;

−Ω W ψ PTFS↔ DULRS;

Зерттелген 1000-ға жуық ымдардың 25% аталған шарттарды қанағаттандырады.



6-сурет. Бір қолды, нейтралды аумақтағы, алақан ораторға немесе қарсы бағытталған, қозғалысы оңға,солға,жоғары,төмен ымдар класы



7-сурет. Екі қолды, нейтралды аумақтағы, алақан ораторға немесе қарсы бағытталған, қозғалысы оңға,солға,жоғары,төмен ымдар класы



8-сурет. Екі қолды, иық маңындағы, алақан ораторға немесе қарсы бағытталған, қозғалысы оңға,солға,жоғары,төмен ымдар класы

Ұсынылып [7] отырған алгоритм Виола-Джонс детекторы, корреляциялық талдау және байланысқан облыстарды белгілеу әдісі негізінде бейнетізбектегі динамикалық ымдарды тануға мүмкіндік береді. Тәжірибе Math Works MATLAB R2018a инженерлік, ғылыми-техникалық және экономикалық есептерді шешуге арналған мамандандырылған пакеті арқылы өткізілген.

Аталмыш алгоритм келесі қадамдардан тұрады.:

1) Бейне файлды оқып 1- сурет, бет детекторын іске қосамыз
2) Кадрды оқығаннан кейін гамма-коррекция жасаймыз.
3) Жарықтық шегі бойынша imbinarize функциясының көмегімен бинарлы сурет жасаймыз. Бұл мақсатта толық түсті және палитралы суреттер
4) frameRGBbwComp =imcomplement(frameRGBbw) функциясы frameRGBbw суретіне комплемантарлы толықтауышты есептейді
5) Келесі қадам морфологиялық құрылымдық элемент құрамыз.
6) Келесі қадам объектілерді (байланысқан облыстарды) есептеу.
7) Белгіленген объектілер ішінен болжамданған қолды табамыз. Эталондарды матрицаға жазамыз.
8) Эталонмен салыстыру әдісінің түрленімі корреляциялық әдіс болып табылады, ол эталон мен кескіндеме арасында өзара корреляциялық функцияны есептеуге негізделген.

Сонымен алақан солға, оңға, жоғары, төмен бағытталып, қозғалыс солға, оңға, жоғары, төмен бағытталған (сурет 11,12) жағдайда, қолдың конфигурациясын компьютер дұрыс оқу үшін екі камера орнатып [7] есепті шешеіп көруге болады.

Қарапайым камердадан бөлініп алынған, алақан ораторға немесе қарсы бағытталған жағдайда, қол 9-суреттегідей болады.

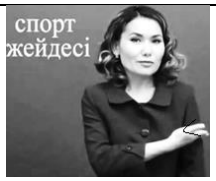


9-сурет. Болжамданған қол

Алақан солға, оңға, жоғары төмен бағытталған жағдайда, қолдың конфигурациясын қарапайым камера дұрыс оқи алмайды.



10-сурет. Алақан солға, оңға, жоғары төмен бағытталған жағдайда қарапйым камерадағы қол

1 H	NZ	PLRLUD	DULRS				
Не үшін?Неге, Қабат,Аз ,Минут, Қаңтар, сәуір, тамыз, Сағат, бөтелке, бағдаршам							

11-сурет. Алақан солға, оңға, жоғары төмен бағытталған бір қолды ымдар класы

2 H, NTINT	NZ	PLRLUD	DULRS				
Жеңіл, Жанында, Қысқа, Өтті, Салмақ, Үлкен, құты,көпір							

12-сурет. Алақан солға, оңға, жоғары төмен бағытталған екіқолды ымдар класы

Қорытынды

Осылайша, құрастырылған онтологиялық модель барлық ымдардың шамамен -70% сипаттауға мүмкіндік береді [5,6], олар үшін тиімді тану процедуралары ұсынуға болады. Қалған ымдарды тану ымды көрсетудің ерекшелігін ескере отырып, әртүрлі тану есептерін қажет етеді. Сондай-ақ, ымды тану үшін, ымдарды бейнжазбаға жазу үшін белгілі бір ережелер сақталуы керек, атап айтқанда қарапайым фон болуы керек, оратор үстінде адам терісінң түсіне сәйкес неме жақын киім болмау керек.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Димскис Л.С. Изучаем жестовый язык. М.: Изд. центр «Академия», 2002. 128 с.

[2] Kryvonos, Iu.G., Krak, Yu.V., Barchukova, Yu.V., Trotsenko, B.A.: Human hand motion parametrization for dactylemes modeling. Journal of Automation and Information Sciences 43 (12): 1-11 (2011).

[3] Зайцева Г.Л. Жестовая речь. Дактилология. М.: Владос, 2000. 192 с.

[4] www.surdo.kz. Режим доступа 01.09.2019.

[5] Kryvonos, Iu.G., Krak, Iu.V. Modeling human hand movements, facial expressions, and articulation to synthesize and visualize gesture information. Cybernetics and Systems Analysis, 47(4), pp. 501-505 (2011).

[6] Kudubayeva S. Ryumin D., Sndetbayeva A., Krak Y. Computing of Hands Gestures' Informative Video Features. Proceedings Of the XI th International Scientific and Technical Conference. Lviv, Ukraineб 2016, pp. 55-58.

[7] Kudubayeva S, Amangeldy N. The use of correlation analysis in the algorithm of dynamic gestures recognition in video sequence. ICEMIS 2019 (The International Conference on Engineering & MIS 2019). L.N.Gumilyov Eurasian National University Astana, Kazakhstan.

Амангельды Н., Кудубаева С.А.

Обзор предметной области задачи распознавания казахского жестового языка. Постановка задачи

Резюме. В данной работе исследуется подход к построению классов различных движений рук человека при демонстрации жестовой информации. В качестве основных свойств при показе жестов взяты локализация руки относительно тела, направление движения рук и ориентация ладони. Для построения классов предлагается использовать онтологическую модель предметной области, ориентированную на проблемы распознавания жестового языка. Для анализа данных и построения онтологической модели взяты около тысячи жестов которые характеризуют возможные вариации жестов по форме их демонстрации. В результате исследований выделено больше двухсот различных классов для которых разрабатываются различные методы и алгоритмы распознавания с учетом специфики классов.

Ключевые слова: рраспознавание жестов, человеко-машинный интерфейс, детектор Виолы-Джонса, корреляционный анализ, перевод жестового языка.

UDK 004.9

[1,2]E. Amirgaliev, [1,3]D. Edilkhan, [1,2]D. Kuanyshbay, [2]O. Baimuratov
([1]Institute Information and Computational Technologies CS MES RK
[2]Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan
[3]Astana IT-University, Nur-Sultan, Kazakhstan
e-mail: amir_ed@mail.ru)

ON ONE IMPROVED APPROACH OF AUTOMATIC RECOGNITION OF KAZAKH SPEECH USING TRANSFER TRAINING

Abstract. The paper proposes methods for collecting marked speech data in the Kazakh language and technology for recognizing Kazakh speech. These tasks are quite complicated due to the lack of marked (transcription) audio data in the Kazakh language and the diversity and complexity of word formation, especially in continuous speech. The study considered includes technology from 4 different tasks. Firstly, a neural network was trained without using a pre-trained Russian model with 2 layers of LSTM (long-term short-term memory) and 2 BiLSTM (bi-directional long-term memory). Secondly, the same 2 layers of LSTM and 2 layers of BiLSTM were trained using a pre-trained model. As a result, the cost of training in the proposed model and the error rate by tags (LER) were improved. A pre-trained model of the Russian language was trained on 100 hours of data with the same neural network architecture.

Key words: automatic speech recognition, transfer training, neural networks, temporary connectionist classifier, recurrent neural networks.

[1,2]Е.Н. Амиргалиев, [1,3] Д. Едилхан, [1,2] Д.Н. Куанышбай, [2] О. Баймуратов
([1]Институт информационных и вычислительных технологий
КН МОН РК, Алматы, Казахстан
[2]Университет Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан
[3]Астана IT-университет, Нур-Султан, Казахстан
e-mail: amir_ed@mail.ru)

ОБ ОДНОМ УЛУЧШЕННОМ ПОДХОДЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОЙ РЕЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ

Аннотация. В работе предложены методы сбора отмеченных речевых данных на казахском языке и технология распознавания казахской речи. Данные задачи являются достаточно сложными из-за отсутствия отмеченных (транскрипции) аудиоданных на казахском языке и разнообразностью и сложностью словообразования, особенно в слитной речи. Рассмотренное исследование включает в себе технологию из 4 различных задач. Во-первых, обучена нейронная сеть без использования предварительно обученной российской модели с 2 слоями LSTM (долговременная кратковременная память) и 2 BiLSTM (двунаправленная долговременная память). Во-вторых, обучили те же 2 слоя LSTM и 2 слоя BiLSTM, используя предварительно обученную модель. В результате была улучшены стоимость обучения в предложенной модели и коэффициент ошибок по меткам (LER). Предварительно обученная модель русского языка обучалась на 100 часах данных с той же архитектурой нейронной сети.

Ключевые слова: автоматическое распознавание речи, трансферное обучение, нейронные сети, временный классификатор коннекционистов, рекуррентные нейронные сети.

ВВЕДЕНИЕ

Разработка системы автоматического распознавания речи для казахского языка является сложной задачей из-за недостатка данных и сложностью (богатый язык) самого языка. Существующие данные казахской речи с соответствующими транскрипциями доступны, но не достаточны для получения результатов, заслуживающих всеобщего использования. По этой причине распознавание речи на казахском языке изучается некоторыми исследователями, но полученные результаты распознавания слитной речи оставляет желать лучшего. Есть только несколько работ, которые исследуют эту область с помощью традиционных методов (Модель Скрытого Маркова, Модель Гауссовой смеси), но они страдают от плохого результата и отсутствия достаточного количества данных. В нашей работе мы предлагаем новый метод, который использует предварительно обученную модель русского языка и примени ее знания в качестве задела к нашей структуре нейронной сети, что означает, что мы переносим веса предварительно обученной модели в нашу нейронную сеть. Основная причина, по которой мы выбрали русскую модель, состоит в том, что произношение казахского и русского языков очень схожи, потому что на них приходится 78% букв и имеется довольно большой корпус русского речевого набора данных. Мы собрали набор данных казахской речи с транскрипциями на базе Университета Сулеймана Демиреля, в котором 50 носителей языка представили около 400 предложений. Данные были выбраны из известных казахских книг, таких как «Абай жолы», «Кара создер» и др.

Задачи автоматического распознавания речи являются очень сложными, хотя результаты улучшаются и растут из-за сбора необходимых данных, усовершенствования графических процессоров (GPU) и «тонкой настройки» нейронной сети. Наиболее точные и современные системы ASR [1-4] для английского языка и мандарина, которые были разработаны недавно, используют набор данных Switchboard, Fisher, TIMIT с более чем 2000 часами непрерывных речевых данных. Этого количества данных достаточно для постановки конкретного эксперимента и получения многообещающих результатов. Несмотря на использование новейших методов нейронной сети, основное влияние желаемого результата - это размерность набора данных, которая для популярных языков, таких как английский, быстро растет. Другим важным влиянием на точную систему ASR является выбор правильной структуры нейронной сети и параметров настройки, что приводит к быстрому обучению и решению проблемы переоснащения.

Сквозные системы ASR уже преодолели традиционные системы HMM и DNN благодаря своей простоте и удобству, когда нет необходимости использовать языковую модель, модель произношения и т. Д. Эта [5] модель была построена с справка по технике, которая называется CTC (Connectionist Temporal Classifier). CTC выполняет автоматическую сегментацию аудиосигнала и отображает звуковую волну непосредственно в транскрипцию. Структура нейронной сети на основе RNN (рекуррентная нейронная сеть), где каждый нейрон возвращает распределение вероятностей всех символов, включая пустое пространство для каждого сегмента звуковой волны (рисунок 1). Чтобы найти потери CTC, суммированы все соответствующие распределения последовательностей. Декодирование выполняется с помощью алгоритма поиска луча или жадного поиска.

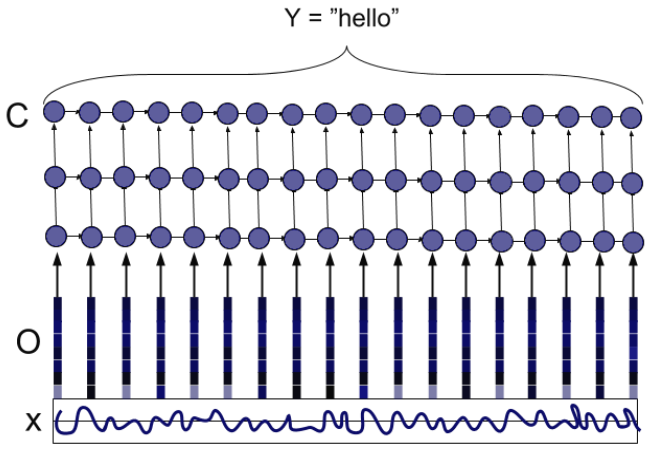


Рис. 1. Временной классификатор соединения

Модель, которая была разработана в работе [6], использует ту же технику с небольшим улучшением, которая называется моделью CTC, основанной на внимании. По сути, они объединяют функцию потери CTC с функцией внимания, которая используется в модели «последовательность-последовательность» для построения эффективной и надежной системы ASR. Этот метод повысил точность простой модели CTC до 17%, что стало огромным скачком вперед.

Недавнее использование более глубоких сетей LSTM показывает, что они заметно превосходят полностью связанные нейронные сети [14]. Подход, который был представлен здесь [12] с использованием LSTM для задачи распознавания речи, снижает частоту ошибок в символах (CER) до 14% для данных голосового поиска Shenma. Они смогли обучить глубокую 7-слойную сеть LSTM с использованием послойного обучения и методов экспоненциального скользящего среднего. В работе [13] авторы представляют проекционный слой между выходным слоем и слоем LSTM. Представленный метод повышает производительность этого LSTM по сравнению с традиционным LSTM.

Основной недостаток предложенных моделей в [5-6], они требуют большого количества данных, что является серьёзной проблемой для казахского языка, потому что он не был исследован достаточно хорошо. Наборы данных, которые существуют сегодня на казахском языке, в основном являются частными и не доступны для широкого использования. С другой стороны, эти наборы данных недостаточно велики, чтобы получить хороший результат.

Учитывая все недостатки и препятствия, мы частично решили проблему с нехваткой данных. Во-первых, нами создан удобный инструмент для веб-сайта, который содержит много предложений на казахском языке и позволяет пользователю произносить запись и сохранять эти предложения удобным способом. Таким образом, мы собрали почти 20 часов данных, и они продолжают расти. Во-вторых, использовали существующую [7] модель распознавания речи для русского языка на основе набора данных VoxForge с более чем 100-часовыми речевыми данными с соответствующей текстовой транскрипцией и скопировали веса первых 2 слоев LSTM с 128 нейронами и вставили в нашу нейронную сеть с помощью одинаковое количество слоев и нейронов. Рассмотрены веса последнего слоя, потому что его размер не соответствует размеру нашего слоя, так как количество символов в русском алфавите меньше, чем в казахском алфавите. В результате мы снизили LER до 19% с помощью модели внешнего русского языка, что является большим шагом вперед.

Трансферное обучение. Одним из предложенный технологии для эффективного распознавания казахской речи является процесс обучения, в данном солучае, предложенная в работе является трансферное обучение, суть которого заключается в передаче обучения.

Трансферное обучение - это новый подход, который делает обучение намного лучше и точнее, перенося знания из другой задачи в текущую (рис. 2).

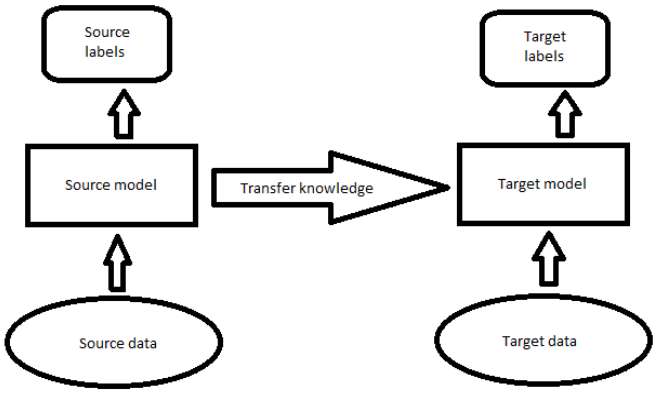


Рис. 2. Иллюстрация передачи обучения

Так же, как люди, любая модель может быть обучена, изучена значительно быстрее и эффективнее, если у нее был предыдущий опыт в связанных задачах. Обычно исходная модель - это модель, обученная на большом количестве данных, тогда как целевая модель может обучаться на небольшом количестве. Следовательно, трансферное обучение может решить проблему с недостатком данных. В настоящее время существует множество предварительно обученных моделей с открытым

исходным кодом, к которым очень легко получить доступ. Основная идея, лежащая в основе трансферного обучения, заключается в переносе характеристик и параметров (весов) из исходной задачи в целевую задачу. По сути, исходная модель рассматривается как отправная точка для целевой модели.

В настоящее время проводятся исследования по многоязычным задачам распознавания речи [15-19]. Наиболее распространенная проблема, с которой они сталкиваются до сих пор, заключается в том, что языки специфичны. Адаптивные к языку акустические модели могут быть построены, если языки имеют общие акустические, произношение, фонетические свойства.

В этой [20] статье представлен интересный подход к различным специфическим для региона 9 языкам индейцев, где каждый из этих языков имеет одинаковые фонетические, акустические характеристики и свойства. Они объединили все наборы графем и прошли обучение по модели «последовательность-последовательность». В результате они достигли 21% улучшения производительности по сравнению с той же моделью, обученной индивидуально для каждого языка.

Эксперименты, проведенные для английских, немецких и испанских данных, полученных из Кортаны (Cortana) был представлены в работе [21]. Здесь исследователи создали многоязычную систему ASR, используя универсальный набор символов, общий для всех языков. Каждый язык имел 150 часов обучения и 10 часов проверки и тестирования. Используя результаты работы [22], они привели 81 английских лейблов, 93 немецких лейбла и 97 испанских лейблов. Поэтому удалось создать универсальный набор меток (108) с 75% общими перекрывающимися метками. Создав механизм, который называется механизмом стробирования для конкретного языка, они обучили свою модель, результаты которых превосходили результаты моноязычного подхода.

В работе [8] исследователи применили трансферное обучение к задаче преобразования текста в речь, которая способна генерировать аудио с данными, которые никогда ранее не видели. Они используют 3 различных предварительно обученных компонентов: 1) сеть кодировщика динамиков, которая была обучена на зашумленном наборе речевых данных без транскрипции; 2) сеть синтеза, которая обучена генерировать мел спектрограммы в текст; 3) вокодерная сеть, которая преобразует мел спектрограмму в форму волны во временной области.

В работе [9] применяется подход трансферного обучения при разработке системы ASR для немецкого языка. Имея ограниченные учебные данные, они адаптировали модель Wav2Letter, которая изначально обучалась английскому языку. В работе [10], представленной Ву и Шульцем, были разработаны многоязычные многослойные персептроны (MLP). Этот MLP позже был применен в качестве отправной точки для целевых языков, таких как вьетнамский, чешский и хауса. В результате они получили улучшение по частоте ошибок до 22%.

В данной работе нами также использован аналогичный подход, как в [9, 10], в котором разработана система ASR для казахского языка на базе обучения русского языка. Предварительно обученная модель для русского языка была обучена на наборе данных VoxForge, имеющем структуру нейронной сети с 2 слоями LSTM с 128 нейронами в каждом и плотным слоем. Нейронная сеть была обучена с 700 эпохами и имеет ту же модель с двунаправленной LSTM. Она использует ту же функцию потери CTC (рисунок 3).

По сути, мы используем предварительно обученную модель для извлечения весовой матрицы с использованием в нашу точно такую же структуру нейронной сети с двумя слоями LSTM. После применения «тонкой настройки» нашей нейронной сети, мы начинаем обучать 20-часовой набор казахских речевых данных, в результате чего инициализируются веса рассматриваемой нейронной сети.

Наборы данных и предварительная обработка. Набор данных для казахского языка был собран на базе Университета Сулеймана Демиреля. Используя специальный инструмент (сайт), 50 носителей языка были вовлечены в произнесение и сохранение своих высказываний. Предложения были собраны из известных казахских книг «Кара сождер», «Абай жолы» и т. Д. Каждый из выступавших произнес около 400 предложений. Аудиофайлы длительностью более 15 секунд были рассмотрены вместе, чтобы иметь сильную зависимость между транскрипциями и аудиофайлами. В результате получены данные, объемом около 20 часов. Все аудиофайлы были доведены до 16 кГц. Используя библиотеку librosa, выделение признаков было выполнено с помощью мел кепстральных коэффициентов (MFCC). Текстовые файлы были нормализованы путем удаления всех ненужных символов и представления в нижнем регистре.

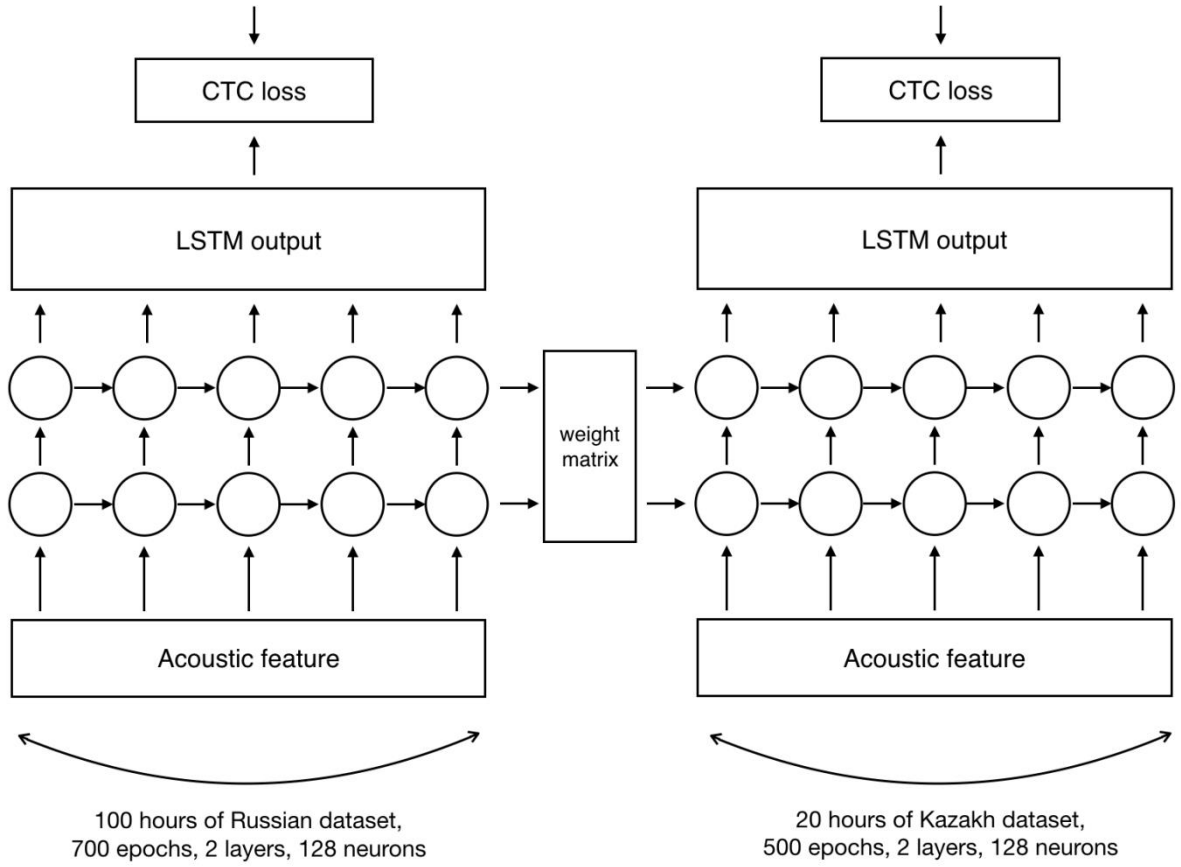


Рис. 3. Перенос веса

Общая продолжительность нашего речевого корпуса немного ниже по сравнению с корпусом, который был описан здесь [11], где у них самый большой речевой корпус для казахского языка. Они собрали около 30 часов данных с 200 различными спикерами разных полов и возрастов. Рассматриваемый набор данных был собран в ограниченном количестве за короткое время на базе специально разработанного веб-сайта, Предложенный инструмент позволяет быстр наращивать объем собранных данных. .

Эксперименты и результаты. Для предложенной нейронной сети создана архитектура на основе RNN с 2 уровнями краткосрочной памяти и 1 плотным уровнем. Обучение проводилось на нескольких графических процессорах (GPU) Tesla K80. Средой, выбранной для этой задачи, является Jupiter Notebook на языке Python (библиотека Tensorflow). Набор данных был клонирован из репозитория github и разделен на 80%, 10% и 10% для обучения, валидации и тестирования соответственно. Параметры нейронной сети следующие:

– 2 слоя LSTM и BiLSTM отдельно
– 128 нейронов для каждого слоя
– 500 эпох
– Отбрасывание слоя после каждого слоя LSTM с вероятностью 50%
– Размер партии 4
– Значение импульса для MomentumOptimizer равно 0,9
– Скорость обучения составляет 0,0005
– Функция потери CTC
– Метрика - это уровень ошибок меток (LER)
– Мы рассмотрели 4 различных сценария (Таблица 1): 1) нейронная сеть LSTM без российской модели; 2) нейронная сеть LSTM с российской моделью; 3) Двунаправленный LSTM без российской модели; 4) Двунаправленный LSTM с российской моделью. Результат каждой текущей нейронной сети на самом деле очень близок, но мы видим, что архитектуры с трансферным обучением явно улучшают все.

Таблица 1. **Результаты обучения**

RNN type	Training cost	Training LER	Validation cost	Validation LER	Epochs
LSTM	15.603327	0.054680485	3.98756	0.01569438	500
LSTM with Russian model	14.426534	0.056311063	4.78974	0.01453637	500
BiLSTM	18.366533	0.062855324	4.25945	0.01602836	500
BiLSTM with Russian model	13.924501	0.042720266	3.87567	0.014177615	500

Многоуровневая нейронная сеть LSTM с внешней моделью улучшила стоимость обучения до 8%, в то время как уровень ошибок меток увеличился на 4%. Двунаправленный LSTM показал многообещающие результаты, улучшив стоимость обучения до 24% и снизив частоту появления ошибок на этикетках до 32%.

Вышеприведенные эксперименты показали, что использование модели внешней системы русского ASR для передачи своих знаний в систему казахского языка повышает производительность прилично.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Мы пришли к выводу, что использование модели внешнего русского языка может частично решить проблему отсутствия данных. Мы обучили нашу модель с использованием 2 различных нейронных сетей (LSTM, BiLSTM), и каждая из них обучалась путем переноса весов из внешней модели. Эта внешняя модель была обучена на наборе данных VoxForge со 100-часовой русской речью. Для нашего собственного набора данных мы собрали около 20 часов казахской речи с использованием известных казахских книг. Результаты показали, что модель BiLSTM с внешней российской моделью очень хорошо улучшила производительность, снизив стоимость обучения и LER до 24% и 32% соответственно.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК №AP05132648 «Создание вербально-интерактивных роботов на основе современных речевых и мобильных технологий», выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №211 от 19.03.2018.

REFERENCES

[1] Awni Hannun , Carl Case, Jared Casper, Bryan Catanzaro, Greg Diamos, Erich Elsen, Ryan Prenger, Sanjeev Satheesh, Shubho Sengupta, Adam Coates, Andrew Y. Ng, Deep Speech: Scaling up end-to-end speech recognition, arXiv:1412.5567v2 [cs.CL], 2014

[2] Long Wu , Ta Li, Li Wang, Yonghong Yan, Improving Hybrid CTC/Attention Architecture with Time-Restricted Self-Attention CTC for End-to-End Speech Recognition, Appl. Sci. 2019, 9, 4639; doi:10.3390/app9214639

[3] Senmao Wang ,Pan Zhou , Wei Chen , Jia Jia , Lei Xie, EXPLORING RNN-TRANSDUCER FOR CHINESE SPEECH RECOGNITION, arXiv:1811.05097v2 [cs.CL], 2019

[4] Xu Tian, Jun Zhang, Zejun Ma, Yi He, Juan Wei, Peihao Wu, Wenchang Situ, Shuai Li, Yang Zhang, DEEP LSTM FOR LARGE VOCABULARY CONTINUOUS SPEECH RECOGNITION, arXiv:1703.07090v1, 2017

[5] Paribesh Regmi, Arjun Dahal, Basanta Joshi, Nepali Speech Recognition using RNN-CTC Model, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 178 – No. 31, July 2019

[6] Takaaki Hori, Shinji Watanabe, John R. Hershey, Joint CTC/attention decoding for end-to-end speech recognition, Proceedings of the 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, pages 518–529

[7] O.O. Iakushkin , G.A. Fedoseev, A.S. Shaleva, A.B. Degtyarev, O.S. Sedova, RUSSIAN-LANGUAGE SPEECH RECOGNITION SYSTEM BASED ON DEEPSPEECH, Proceedings of the VIII International Conference "Distributed Computing and Grid-technologies in Science and Education" (GRID 2018), Dubna, Moscow region, Russia, September 10 - 14, 2018

[8] Ye Jia, Yu Zhang, Ron J. Weiss, Quan Wang, Jonathan Shen, Fei Ren, Zhifeng Chen, Patrick Nguyen, Ruoming Pang, Ignacio Lopez Moreno, Yonghui Wu, Transfer Learning from Speaker Verification to Multispeaker Text-To-Speech Synthesis, arXiv:1806.04558v4 [cs.CL] 2 Jan 2019

[9] Julius Kunze, Louis Kirsch, Ilia Kurenkov, Andreas Krug, Jens Johannsmeier, Sebastian Stober, Transfer Learning for Speech Recognition on a Budget, Proceedings of the 2nd Workshop on Representation Learning for NLP, pages 168–177, 2017

[10] Ngoc Thang Vu, Tanja Schultz, Multilingual Multilayer Perceptron For Rapid Language Adaptation Between and Across Language Families, Interspeech. ISCA, pages 515–519.

[11] Orken Mamyrbayev, Mussa Turdalyuly, Nurbapa Mekebayev, Kuralay Mukhsina, Alimukhan Keylan, Bagher BabaAli, Gulnaz Nabieva, Aigerim Duisenbayeva, Bekturgan Akhmetov, CONTINUOUS SPEECH RECOGNITION OF KAZAKH LANGUAGE, ITM Web of Conferences 24, 01012 (2019)

[12] Xu Tian, Jun Zhang, Zejun Ma, Yi He, Juan Wei, Peihao Wu, Wenchang Situ, Shuai Li, Yang Zhang, Deep Lstm For Large Vocabulary Continuous Speech Recognition, arXiv:1703.07090v1 [cs.CL], 2017

[13] Has¸Im Sak, Andrew Senior, Franc¸Oise Beaufays, Long Short-Term Memory Based Recurrent Neural Network Architectures For Large Vocabulary Speech Recognition, Arxiv:1402.1128v1 [Cs.NE], 2014

[14] Alex Graves, Abdel-Rahman Mohamed, Geoffrey Hinton, Speech Recognition With Deep Recurrent Neural Networks, Arxiv:1303.5778v1 [Cs.NE], 2013

[15] Arnab Ghoshal, Pawel Swietojanski, Steve Renals, Multilingual Training Of Deep Neural Networks, Conference Paper In Acoustics, Speech, And Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference, 2013

[16] Hui Lin, Li Deng, Dong Yu, Yi-Fan Gong, Alex Acero, Chin-Hui Lee, A Study On Multilingual Acoustic Modeling For Large Vocabulary AsR, Conference Paper In Acoustics, Speech, And Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference, 2009

[17] Samuel Thomas, Sriram Ganapathy, Hynek Hermansky, Multilingual Mlp Features For Low-Resource Lvcsr Systems, Conference Paper In Acoustics, Speech, And Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference, 2012

[18] Jui-Ting Huang, Jinyu Li, Dong Yu, Cross-Language Knowledge Transfer Using Multilingual Deep Neural Network With Shared hidden layers, Acoustics, Speech, and Signal Processing, 1988. ICASSP-88., 1988 International Conference, 2013

[19] Yajie Miao, Florian Metze, Improving Language-Universal Feature Extraction with Deep Maxout and Convolutional Neural Networks, Fifteenth Annual Conference of the International Speech Communication Association, 2014

[20] Shubham Toshniwal, Tara N. Sainath, Ron J. Weiss, Bo Li, Pedro Moreno, Eugene Weinstein, Kanishka Rao, Multilingual Speech Recognition With A Single End-To-End Model, arXiv:1711.01694v2 [eess.AS], 2018

[21] Suyoun Kim, Michael L. Seltzer, Towards Language-Universal End-To-End Speech Recognition, arXiv:1711.02207v1 [cs.CL], 2017

[22] Geoffrey Zweig, Chengzhu Yu, Jasha Droppo and Andreas Stolcke, Advances In All-Neural Speech Recognition, arXiv:1609.05935v2 [cs.CL], 2017

Амиргалиев Е.Н., Едилхан Д., Куанышбай Д.Н., Баймуратов О.

Қазақ тілін оқыту үшін қолдануға арналған автоматтық тану қабылдауы

Түйіндеме. Жұмыста қазақ тілінде таңбаланған сөйлеу деректерін жинау әдістері және қазақ тілін тану технологиясы ұсынылған. Бұл міндеттер қазақ тілінде таңбаланған (транскрипция) дыбыстық деректердің болмауына және сөздердің қалыптасуының әртүрлілігі мен күрделілігіне, әсіресе үзіліссіз сөйлеуге байланысты өте күрделі. Зерттеуге 4 түрлі тапсырмадан тұратын технология кіреді. Біріншіден, нейрондық желі LSTM (ұзақ мерзімді қысқа мерзімді жад) және 2 BiLSTM (екі жақты ұзақ мерзімді жад) екі қабаты бар алдын-ала дайындалған ресейлік модельді қолданбай оқытылды. Екіншіден, LSTM-дің бірдей 2 қабаты және BiLSTM-нің 2 қабаты алдын-ала дайындалған үлгіні пайдаланып оқытылды. Нәтижесінде ұсынылған модель бойынша оқу құны және тегтер бойынша қателіктер деңгейі (LER) жақсарды. Орыс тілінің алдын-ала дайындалған моделі 100 сағаттық мәліметтер негізінде бірдей нейрондық желі архитектурасымен оқытылды.

Кілттік сөздер: автоматты түрде сөйлеуді тану, трансферттік оқыту, нейрондық желілер, уақытша қосылғыштардың жіктеуіші, қайталанатын нейрондық желілер.

УДК 621.38; 004.9

Y. Amirgaliyev[1], M. Kunelbayev[1], D. Yedilkhan[1,2], A. Irzhanova[1],
O. Auelbekov[1], N. Kataev[1], S. Daulbayev[1]
([1]Institute of Information and Computing Technologies CS MES RK, Kazakhstan
[2]Astana IT-University, Nur-Sultan, Kazakhstan
e-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru)

DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL-TRIAL PATTERN OF DOUBLE-CIRCUIT SOLAR INSTALLATION

Abstract. The present article considers the experimental tests based on the flat solar collector with absorbing shield. The aim of the experiment thereof is research of thermal characteristics of tubular solar collector for producing hot water. During the experiment there have been specified the thermal performance, solar installation circulation, water heating dynamics, which maintain water heating independent on the season and weather conditions at the expense of solar and electric power combined use.

Keywords: flat solar collector, thermal performance, water heating, experiment.

Е.Н. Амиргалиев[1], М.М. Кунелбаев[1], Д. Едилхан[1,2], А.А. Иржанова[1], О.А. Ауелбеков[1], Н.С. Катаев[1], С.М. Даулбаев[1]
([1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Казахстан, Алматы
[2]Астана IT-университет, Нур-Султан, Казахстан
e-mail: murat7508@yandex.kz, ainur79@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРОБНОГО ОБРАЗЦА СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ ДВОЙНОЙ ЦЕПИ

Аннотация. В настоящей статье рассматриваются экспериментальные испытания на основе плоского солнечного коллектора с поглощающим экраном. Целью его эксперимента является исследование тепловых характеристик трубчатого солнечного коллектора для получения горячей воды. В ходе эксперимента были определены тепловые характеристики, циркуляция солнечной установки, динамика нагрева воды, которые поддерживают нагрев воды независимо от времени года и погодных условий за счет совместного использования солнечной и электрической энергии.

Ключевые слова: плоский солнечный коллектор, тепловые характеристики, нагрев воды, эксперимент.

Introduction. In the work [1] the researchers have studied usage of the solar heat in the building, designing and installing the system. Irreplaceable component for maintaining the reliable and efficient operation of the solar heating systems is the solar collector [2,3]. By reason of their low cost and ease the solar collectors are used in solar heating systems for water storage [4–6]. In designing and operating the solar heating systems a solar collector is a key factor for water storage. [7–11]. The articles [12–14] carried out mathematical models analysis for temperature distribution in the solar collector for water storage. The most popular model of multilayer accumulating solar collector is one-dimensional discretization of the final volume [15–17].

The flat solar collector represents the device, which absorbs solar irradiation from the sun and uses the thermal energy thereof for raising the temperature of the working liquid, running through it. The temperatures difference is the basic driving factor for transforming the solar irradiation into usable energy. Thanks to a simple construction, SFPC has a wide applications spectrum, including domestic and industrial hot water supply, heating and cooling the premises. A lot of researches were conducted in the past, to upgrade SFPC performance. In parametric research, carried out by T. Essabbani and co-authors [18] the solar water heating system (SDHWS) has been obtained with higher performance, due to using collector's maximum square and transfer medium with low specific heat capacity. In another study, conducted by Dong and co-authors, using the mathematical model, it has been proved [19], that thermal characteristics of corrugated tubes spiral have turned out to be more appropriate, that those of the conventional ones.

Overview paper of Gianpiero Colangelo et al. [20] is focused at innovative materials, innovative geometry, in-built solar thermal collectors, collector's thermal tubes and innovative transfer medium in solar flat thermal collectors and hybrid photovoltaic solar thermal collectors.

Along the pipelines a high temperature transfer medium is supplied to the storage – tank, heating water in it. That water might be used for hot water supply or house heating. Got cool transfer medium returns back to a collector.

Hot water storage tank represents 250 – 500 l volume container, which is used in the solar installation as an accumulator of heat, obtained from the solar collector. Structurally, such tank resembles a boiler – it has one or two internal heat exchangers. Furthermore, it can have an additional electric heater.

Such storage tank accumulates and saves for a long time the heat, received from the solar collector and, if necessary, heats the water by means of electric heater and provides heat exchange with the main heating system of the house.

1 Research method

Thermosiphon circulation flat solar collectors are used for transforming the falling solar irradiation into thermal power. That energy is accumulated in the form of tangible heat in the reservoir for liquid storage and used as and when necessary for feeding the premises and water heating. Figure 1 demonstrates a double-circuit solar installation with thermosiphon circulation.

Operation of the assumed installation is fulfilled as follows. The solar energy E with temperature t_0 is absorbed by solar collector 1, with temperature t_1, heating the solar energy flow passes through translucent insulated double glazing unit 2. The heat, obtained from the solar flow heats the liquid in coils 3, which is

removed from the collector, and it is replaced with cold water from the pipeline with a valve for cold water 8, and the dosing tank syphon 7 provides constant thermal syphon circulation by means of a circulation tube 10.

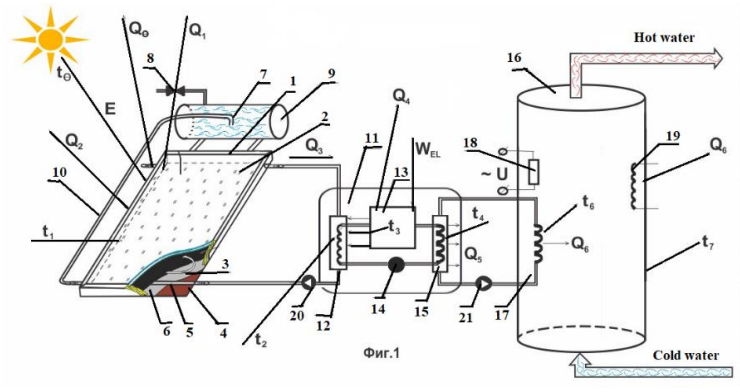


Fig.1. Principal diagram of double-circuit solar installation with thermosiphon circulation

Further, the liquid comes into the thermal pump 11, which consists of an evaporator 12, condenser with temperature t_2, in which a heat exchanger, constructed in the spiral form absorbs transfer medium heat, lowers its temperature below atmospheric temperature ($Q_{2)}$ with the help of speed control valve 14, thereby promoting additional heat absorption from an outside air. A scheme, as well, demonstrates the solar irradiation, reflected from semi-transparent cover (Q_0) and absorbing panel surface (Q_1). In the thermal pump there is fulfilled transfer medium energy transmission, with relatively low temperature to transfer medium of condenser heat exchanger 15 in the form of a spiral with higher temperature t_2, which increases the square and heat exchange intensity. To execute such schedule there is used a compressor 13 with temperature t_3, with an electric drive 17. Further, by means of condenser heat exchanger 15 with temperature t_4, the heat from the thermal pump (Q_5) is transferred to the heat exchanger storage tank Q_6 with temperature t_6 of the heating system 18. As the installation has two circuits, it is provided with two automatic circulation pumps 19 and 20 for the liquid circulation between the solar collector and evaporator, condenser and storage tank. Water temperature is adjusted to the required technological level and supplied to a consumer for hot water supply and heating [8].

Figure 2 shows the solar collector's mockup. Content and novelty consists inn the fact, that in distinction from the known principle of design, the collector contains transparent glazing unit 2 with double glass and lower pressure, as well, a perimetritic frame 1. Wooden frame bottom 7 is made of 8 mm thickness plywood, with an attached heat insulating film 5 with foil. In the gap between a glazing unit and frame bottom there is laid a flexible thin-walled stainless corrugated tube, 4∅16 mm, in the coil form. Tubes edges are fixed to inlet and outlet protruding tubes 6.

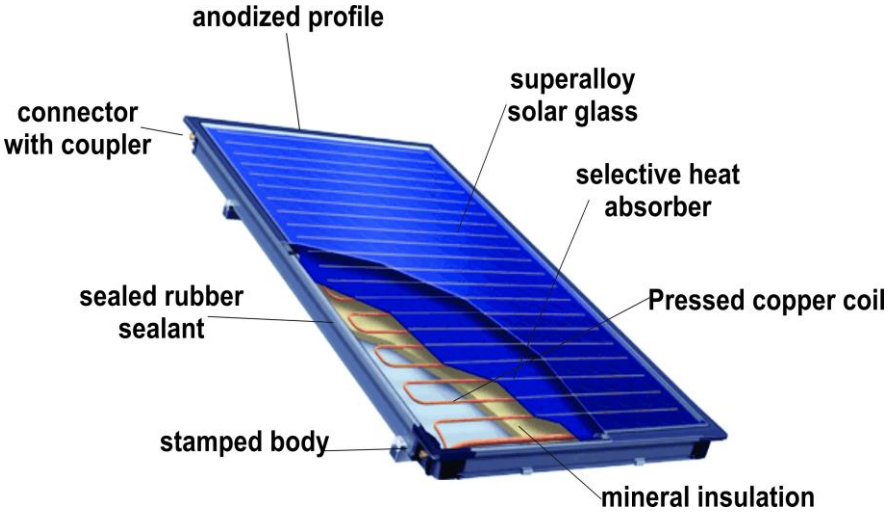


Fig. 2. Principal diagram of flat solar collector

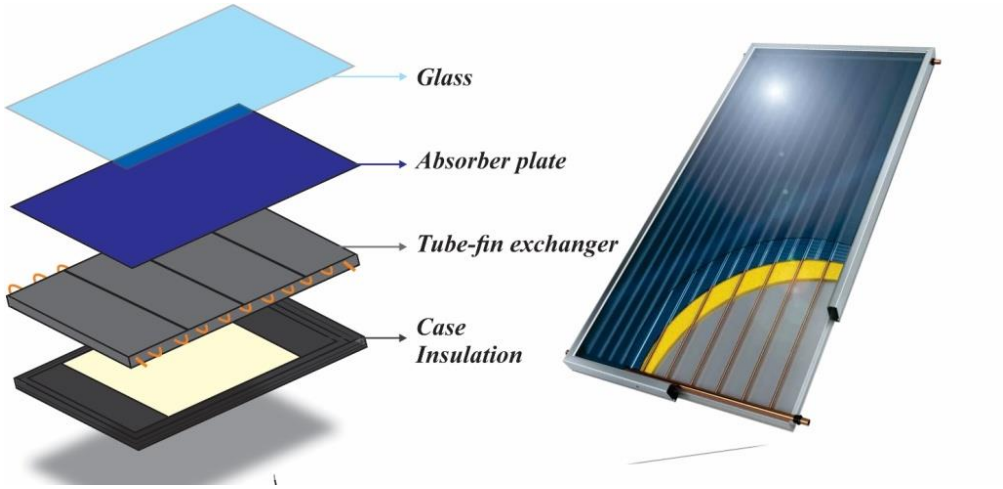


Fig. 3. Principal diagram of flat solar collector in fractions

As it is shown on the Figure 3, the solar energy flows through the glass and bumps at an absorber plate, which is heated, transforming the solar energy into the thermal heat. Heat is transferred to the working liquid, which flows through the tubes, attached to an evaporator plate.

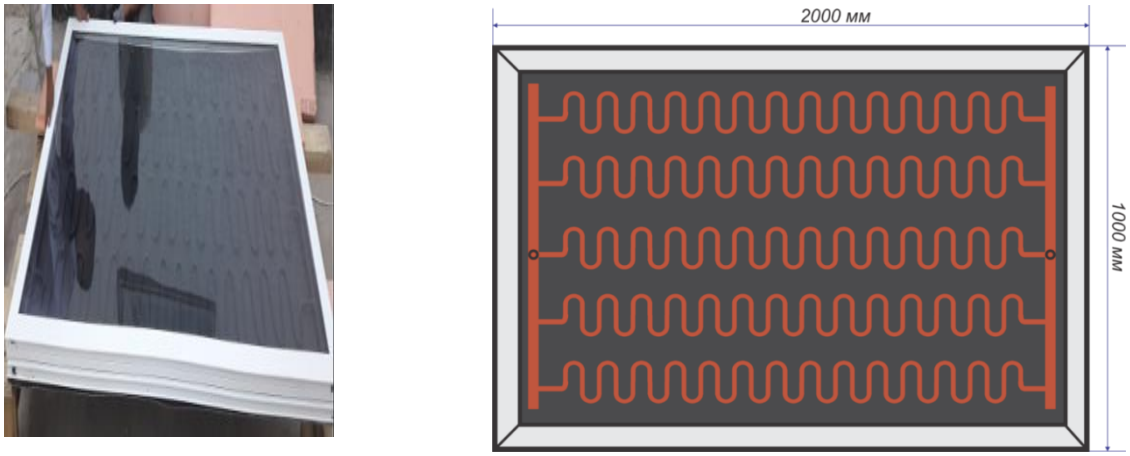


Fig. 4. Type 1-Solar collector with polymer selective coating

Table 1. Type 1. **Solar collector with polymer selective coating**

Parameters	Value	Parameters	Value
Absorbing plate material	Copper	Collector tilt	45^0
Absorbing plate dimensions	1000x2000 mm^2	Absorber's heat capacity	401 W/(m K)
Absorbing plate thickness	0.4 mm	Insulation heat capacity	0.04 W/(m K)
Glazing material	Red hot glass	Transmittance- absorption coefficient	0.855
Glazing dimensions	1000x2000 mm^2	Sun visible temperature	4350 K
Glazing thickness	4 mm	Environment temperature	303 K
Insulation	Foam plexum	Radiation intensity	1000 W/m^2

Construction standard sizes:

- Solar collector 1000x2000 mm^2
- Red-hot glass of 1000x2000 mm^2 size, thickness 4 mm
- Aluminum frame
- Connected in parallel, united into one tube with 19 mm diameter
- 4 copper tubes with an overall length 24m with 10 mm diameter

– 1mm thickness copper sheet, coated with polymer paint
– Solar collector reverse side is made of 2 mm thickness aluminum sheet
– Foam plex and penofol

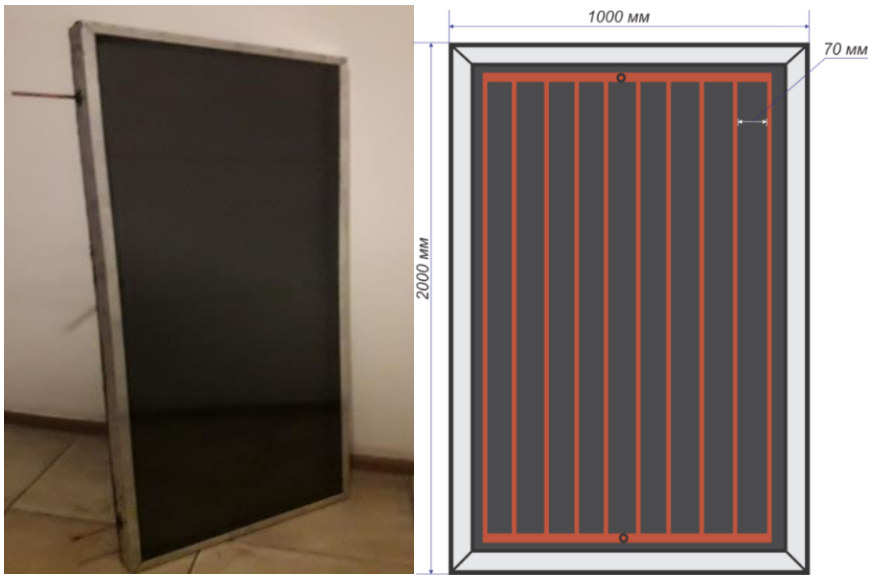


Fig. 5. Type 2. Solar collector with plastic thermal pipes

Table 2. Type 2. **Solar collector with plastic thermal pipes**

Parameters	Value	Parameters	Value
Absorbing plate material	Plastic	Collector tilt	45^0
Absorber's plate dimensions	1000×2000 mm^2	Absorber's heat capacity	401 W/(m K)
Plate thickness	0.4 mm	Insulation heat capacity	0.04 W/(m K)
Glazing material	Red-hot glass	Transmittance-absorption factor	0.855
Glazing dimensions	1000×2000 mm^2	Visible sun temperature	4350 K
Glazing thickness	4 мм	Outside temperature	303 K
Insulation	Foam plex	Radiation intensity	1000 W/m^2

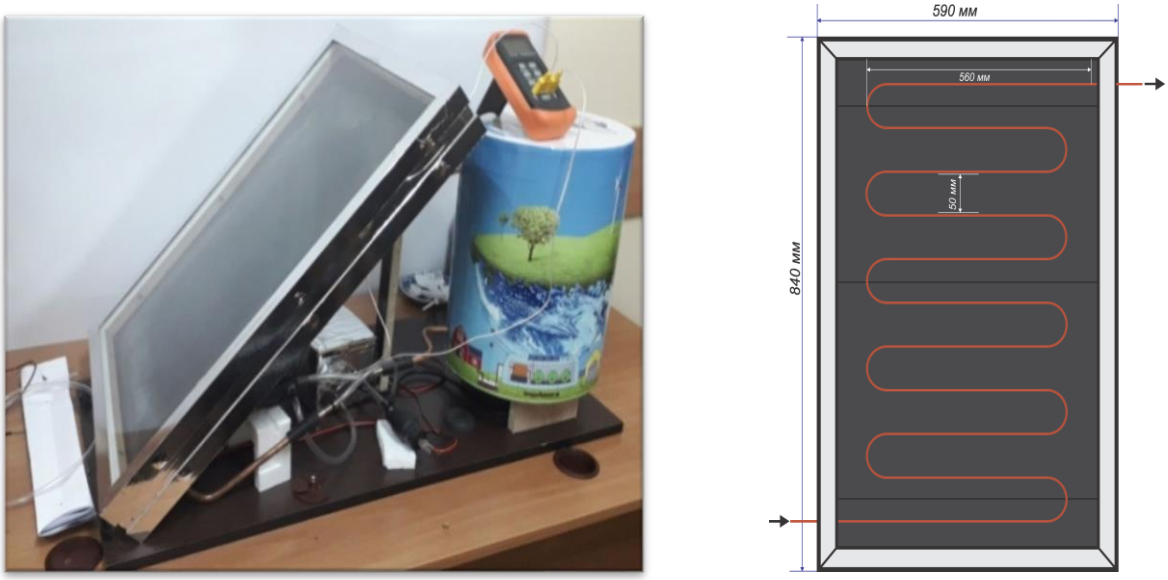


Fig. 6. Type 3 – Solar collector mockup with chemical coating

Construction standard size:

– Solar collector 1000x2000 m^2
– Red-hot glass, 1000x2000 m^2 size, thickness 4 mm
– Aluminum frame
– Connected in parallel, united into one plastic tube with 10 mm diameter, 11 plastic tubes with an overall length 22m, diameter 10mm
– 0,5 mm thickness iron sheet, coated with polymer paint
– Solar collector reverse side is made of aluminum sheet with 2mm thickness
– Foam plex and foam penofol

Laboratory version of double circuit solar installation with thermosiphon circulation.

Table 3. **Type 3- Solar collector mockup with chemical coating**

Parameters	Value	Parameters	Value
Absorbing plate material	Copper	Collector tilt	45^0
Absorbing plate dimensions	594×840 mm^2	Absorber heat capacity	401 W/(m K)
Absorbing plate thickness	0.4 мм	Insulation heat capacity	0.04 W/(m K)
Glazing material	Red-hot glass	Transmittance-absorption factor	0.855
Glazing dimensions	600×850 mm	Visible sun temperature	4350 K
Glazing thickness	4 mm	Outside temperature	303 K
Insulation	Foam plex	Radiation intensity	1000 W/m^2

Construction standard sizes:

– Solar collector 594×840 mm^2
– Red-hot glass 4 mm
– Aluminum frame
– Coil copper tube, diameter 10mm, length 4,5 m, soldered on absorbing copper sheet's rear side.
– Copper sheet, thickness 1mm, 594×840 mm^2 size, with coating, applied by means of chemical etch ($K_2S_2O_8$ + NaOH + H_2O+ $Na_2S_2O_8$), thickness-several microns.
– Two-layer warmth-keeping (foil-coated penofol with 30 mm thickness)
– Solar collector reverse side is made of aluminum sheet with 2mm thickness

Storage tank is made of 1 mm thickness copper sheet, welded up by means of argon welding. Inside the cylinder there is installed a heat exchanger in the form of spiral, made of copper tube with a diameter 10 mm and 4,5 m length. Accumulator heat insulation is of polyethylene foam with aluminum foil. An outer side is cased with 0,5 mm thickness steel sheet



Fig. 7. Laboratory version of double circuit solar installation with thermosiphon circulation

Table 4. **Outcomes of testing solar installation with thermosiphon circulation**

Date	Heating time		Water flow	Solar radiation intensity	Air temperature	Inlet temperature of collector	Outlet temperature	Tank initial temperature	Tank T	Installation heat capacity	Installation performance	Specific heat capacity	Heat capacity
	initial	finite											
	$\tau_н$	$\tau_к$	G	$\bar{E}$	$\bar{t}_0$	$\bar{t}_1$	$\bar{t}_2$	t_3	t_4	Q	η	$Q_{уд.}$	
	Hour,min.		kg/hr	Wt/m^2	°C	°C	°C	°C	°C	WtxH.	%	WtxH./m^2	
22.07.19	11:30	16:30	121,5	827	27,3	23,6	34,1	16	36	7400	0,59	493	525150
23.07.19	11:50	17:50	157,5	888	27,5	25	31,7	18	38	7400	0,46	411	300
24.07.19	10:05	16:05	120,9	822	26,4	25	33,3	18	37	7030	0,47	390	
27.07.19	11:05	17:45	135	833	25,8	25,4	34,1	17	41	8880	0,54	455	150
28.07.19	11:30	16:30	130,7	883	25,6	27,4	37,1	19	39	7400	0,55	493	150
30.07.19	9:55	16:55	109	880	26,6	31,9	41,5	18	50	8537	0,46	406	
22.08.19	9:25	16:25	47,9	868	24,3	26,7	39	17	47	5324	0,29	253	
23.07.19	9:10	17:10	91,3	809	24,4	33,9	41,8	16,5	54	7090	0,36	295	170
26.08.19	9:30	14:30	110,7	665	25,6	21,4	28,1	16	29	4343	0,43	289	
27.08.19	10:15	17:15	110,3	920	25,9	35,4	42,2	27	48	6090	0,325	290	
14.09.19	9:30	16:30	73,1	916	26,4	30,7	40,5	20	49	5820	0,49	277	
16.09.19	14:45	17:10	97,9	824	27,4	48,1	53	44,5	53	6221	0,314	254	
17.0919	9:45	16:45	76,4	517	26	30,1	43,8	22	45	8510	0,48	405	145

Figure 6 shows dependence of the solar installation dependence on average temperature at collector inlet/outlet. As we see, solar installation performance increases along with temperature raising at inlet and outlet. It confirms, that the total solar radiation in the daytime (summer) increases, and in the evening air temperature decreases.

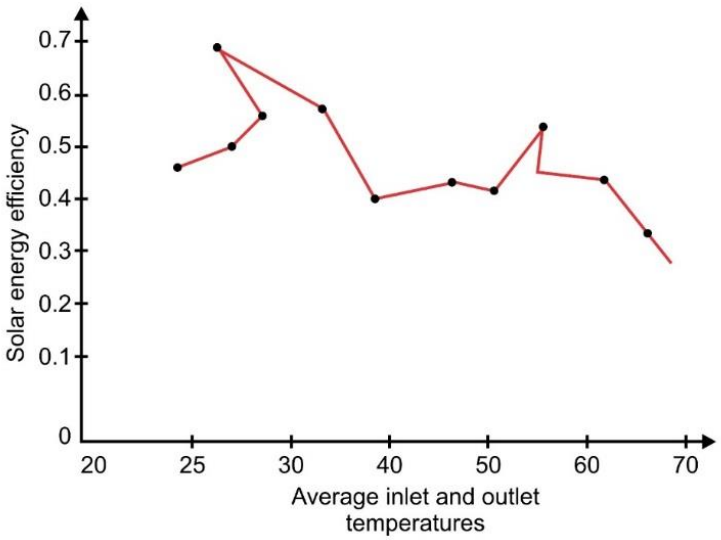


Fig. 6. Solar installation performance dependence on average temperature at collector inlet/outlet

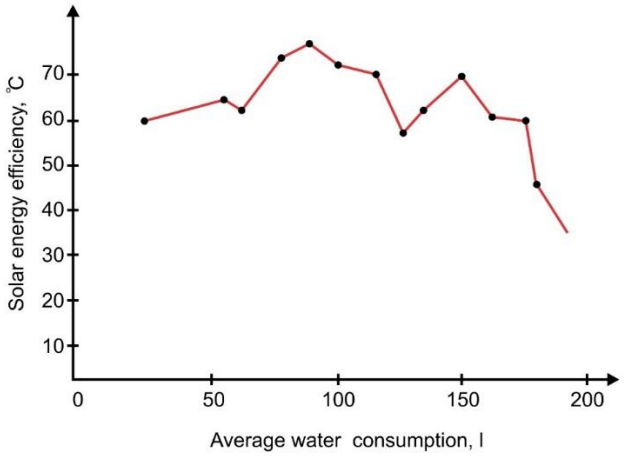


Fig. 7. Specific heat capacity dependence on water consumption

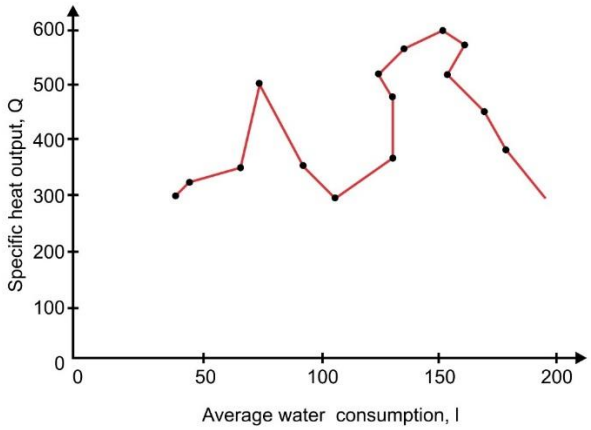


Fig. 8. Dependence of water heating temperature in the tank on water consumption in solar installation circulation circuit

As we see from the Figures 7 and 8 the flat solar collector's specific heat capacity starts from 60-degree temperature in the day time of the year, increases up to 75 degrees and lowers in the evening, when solar radiation has the least value. It is also seen, that the points, obtained upon water flow G=3-5 kg/s, are located sufficiently lower from the right line. Similar picture is observed in the experiments in September-October, 2019. It is explained with the fact, that while computing the parameters of water temperature change at collector's inlet from the solar radiation intensity average value corresponds to water consumption, G=3-5kg/s, which practically on one right line.

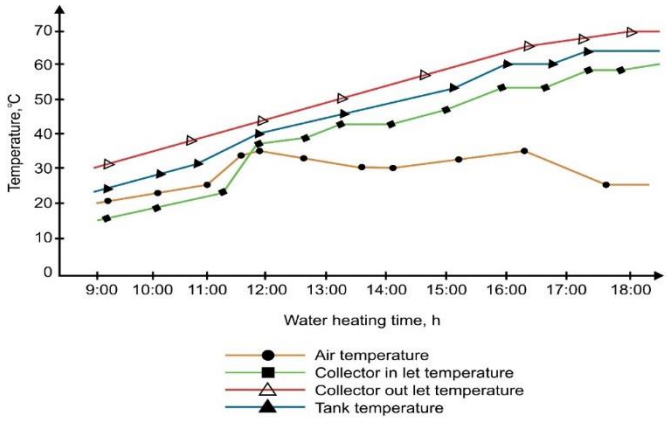


Fig. 9. Water heating dynamics in the collector with 250 l water volume

As an example, the Figure 9 demonstrates the installation testing outcomes. During the testing time (from 9.00 am to 5 pm) a consumer received 0,5m^3 water at the temperature about 50°C. There has been determined the water temperature distribution along the storage tank height. That data well illustrates the water stratification level in the tank. Temperature difference of upper and lower layers was 10-15°C in the midday.

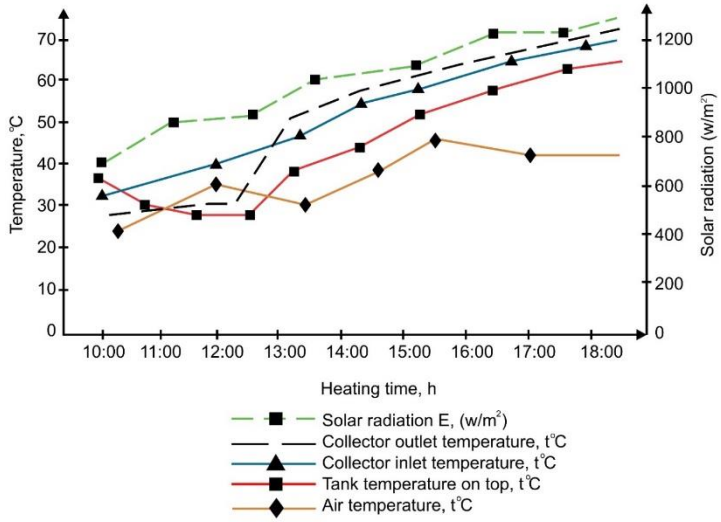


Fig.10. Heating dynamics of 250 l volume water

Figure 10 presents water temperature changes outcomes at different water volumes. The most optimal is the tank volume of 70-100 l per one square meter. Along with the volume increase the water temperature in the tank lowers, so, for 250l–55-57°C, 300l–50-53°C, 400l–46-48°C, 500l-45-47°C.

CONCLUSION

During the experiment we have studied the thermal characteristics of tubular solar collector for producing hot water. Solar collector has been designed for hot water supply (with low temperature potential up to 55°C) of residential units, objects of cultural and everyday aspects of social life and production processes with nonrecurring expenses from 150 to 250 liters of water, dependent on climatic conditions and region geographic latitude. The installation thereof is distinguished with thermal energy very low cost and production labor contribution, at the expense of using the register of black thin-walled tubes with honeycomb insulation.

The solar installation provides water heating irrespective of the season and weather conditions at the expense of combined usage of solar and electric energy. Thus, there is maintained year-round hot water supply of autonomous production objects. In winter time it is used as an electric boiler. Therefore, the carried out researches allow to confirm the sustainability of the being offered installation for the solar hot water supply, using the collector with a syphon effect.

For the first time, there is established the dependence of diffusion time on the solar collector's geometrical parameters. At large, as we observe from the computations, proposed by us, the elaborated methodology has allowed to state, that, sufficient influence on transfer medium expenditures have local hydraulic resistance and friction.

REFERENCE

[1] Buker, M.S.; Riffat, S.B. Building integrated solar thermal collectors—A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2015, 51, 327–346.

[2] Bernardo, L.R.; Davidssonand, H.; Andersson, E. Retrofitted solar domestic hot water systems for Swedish single-family houses—Evaluation of a prototype and life-cycle cost analysis. Energies 2016, 9, 953.

[3] Wilson, M.B.; Luck, R.; Mago, P.J. A first-order study of reduced energy consumption via increased thermal capacitance with thermal storage management in a micro-building. Energies 2015, 8, 12266–12282.

[4] Bernardo, L.R. Retrofitting conventional electric domestic hot water heaters to solar water heating systems in single-family houses—Model validation and optimization. Energies 2013, 6, 953–972.

[5] Moretti, E.; Bonamente, E.; Buratti, C.; Cotana, F. Development of innovative heating and cooling systems using renewable energy sources for non-residential buildings. Energies 2013, 6, 5114–5129.

[6] Bernardo, L.R.; Davidsson, H.; Karlsson, B. Retrofitting domestic hot water heaters for solar water heating systems in single-family houses in a cold climate: A theoretical analysis. Energies 2012, 5, 4110–4131.

[7] Ko, M.J. Multi-objective optimization design for indirect forced-circulation solar water heating system using NSGA-II. Energies 2015, 8, 13137–13161.

[8] Ko, M.J. A novel design method for optimizing an indirect forced circulation solar water heating system based on life cycle cost using a genetic algorithm. Energies 2015, 8, 11592–11617.

[9] Ko, M.J. Analysis and optimization design of a solar water heating system based on life cycle cost using a genetic algorithm. Energies 2015, 8, 11380–11403.

[10] Lin, W.-M.; Chang, K.-C.; Liu, Y.-M.; Chung, K.-M. Field surveys of non-residential solar water heating systems in Taiwan. Energies 2012, 5, 258–269.

[11] Hugo, A.; Zmeureanu, R. Residential solar-based seasonal thermal storage systems in cold climates: Building envelope and thermal storage. Energies 2012, 5, 3792–3985. Energies 2017, 10, 963 12 of 12

[12] Jamar, A.; Majid, Z.A.A.; Azmi, W.H.; Norhafana, M.; Razak, A.A. A review of water heating system for solar energy applications. Int. J. Heat Mass Transf. 2016, 76, 178–187.

[13] Gautama, A.; Chamolib, S.; Kumara, A.; Singhc, S. A review on technical improvements, economic feasibility and world scenario of solar water heating system. Renew. Sustain. Energy Rev. 2017, 68, 541–562.

[14] Tian, Y.; Zhao, C.Y. A review of solar collectors and thermal energy storage in solar thermal applications. Appl. Energy 2013, 104, 538–553.

[15] Baeten, B.; Confrey, T.; Pecceu, S.; Rogiers, F.; Helsen, L. A validated model for mixing and buoyancy in stratified hot water storage tanks for use in building energy simulations. Appl. Energy 2016, 172, 217–229.

[16] Spur, R.; Fiala, D.; Nevrala, D.; Probert, D. Performances of modern domestic hot-water stores. Appl. Energy 2006, 83, 893–910.

[17] Granado, P.C.D.; Pang, Z.; Wallace, S.W. Synergy of smart grids and hybrid distributed generation on the value of energy storage. Appl. Energy 2016, 170, 476–488.

[18] Essabbani, T., Moufekkir, F., et al., Numerical Computation of thermal performance of a simulation of a solar domestic hot water system, Appl. Sol. Energy, 2015, vol. 51, no. 1, pp. 22–33.

[19] Yang Dong, Li Huixiong, et al., Pressure drop, heat transfer and performance of single phase turbulent flow in spirally corrugated tubes, Exp. Therm. Fluid Sci., 2001, vol. 24, pp. 131–138.

[20] Gianpiero Colangelo, Ernani Favale, et al., Innovation in flat solar thermal collectors: A review of the last ten years experimental results, Renew. Sustain. Energy Rev., 2016, vol. 57, pp. 1141–1159.

Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М. Едилхан Д., Иржанова А.А.,
Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.

Екі тізбекті күн қондырғысының эксперименттік үлгісін жасау

Түйіндеме. Бұл мақалада жұтылатын экраны бар жалпақ күн коллекторына негізделген тәжірибелік сынақтар қарастырылады. Оның тәжірибесінің мақсаты - ыстық су шығару үшін құбырлы күн коллекторының жылу сипаттамаларын зерттеу. Тәжірибе барысында күн және электр энергиясын бірлесіп пайдалану салдарынан жылдың уақытына және ауа-райының жағдайына қарамастан суды жылытуды қолдайтын жылу сипаттамалары, күн қондырғысының айналымы, су жылыту динамикасы анықталды.

Түйінді сөздер: жалпақ күн коллекторы, жылу сипаттамалары, су жылыту, тәжірибе.

Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М., Едилхан Д., Иржанова А.А.,
Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.

Разработка экспериментально-пробного образца солнечной установки двойной цепи

Резюме. В настоящей статье рассматриваются экспериментальные испытания на основе плоского солнечного коллектора с поглощающим экраном. Целью его эксперимента является исследование тепловых характеристик трубчатого солнечного коллектора для получения горячей воды. В ходе эксперимента были определены тепловые характеристики, циркуляция солнечной установки, динамика нагрева воды, которые поддерживают нагрев воды независимо от времени года и погодных условий за счет совместного использования солнечной и электрической энергии.

Ключевые слова: плоский солнечный коллектор, тепловые характеристики, нагрев воды, эксперимент.

UDK 004.9

[1]Y.Amirgaliyev, [2]I. Krak, [1]T, Merembayev, [1]Ch. Kenchimov, [3]O. Barmak, [3]E. Manziuk
[1]Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan
([2]Taras Shevchenko National University, Kyiv, Ukraine,
[3]National University of Khmelnytsky, Khmelnytsky, Ukraine
e-mail: amir_ed@mail.ru)

INFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFYING BASED ON THE METHODS OF FEATURES DATA REDUCTION AND PIECEWISE LINEAR SEPARATION

Abstract. The article discusses information technology for classifying data using multidimensional space characteristic reduction methods to the level of data visualization. The components of the steps of using information technology are discussed in detail. The basis is the reduction of the multidimensional feature space into a space that can be visualized. The next step is the construction of piecewise linear class separators on the training set. In the future, the boundaries are projected into the original multidimensional feature space. Thus, the boundaries of classes are determined, which is in the proposed technology a trained classification system. The advantage is the construction of a flexible non-linear classification system using piecewise linear separators. The proposed method is based on the use of visualization data. A distinctive feature of information technology is that for construction of class delimiters is done by including the user. The user on the basis of visual data analysis determines the location of the boundaries of classes and gaps. Thus, the technology provides convenient tools for the person to analyze and classify data.

Key words: information technology, multidimensional feature space, data visualization, decreases in feature space, classification.

[1]Е. Амиргалиев, [2]Ю.Крак, [1]Т. Мембаев, [1]Ч.Кеншимов, [3]О. Бармак, [3]Э. Манзюк
([1]Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы, Казахстан
[2]Национальный университет им. Т. Шевченко, Киев, Украина
[3]Хмельницкий национальный университет, Хмельницкий, Украина
e-mail: amir_ed@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КЛАССИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОКРАЩЕНИЯ ДАННЫХ И МЕТОДОВ ПУНКТИВНОГО ЛИНЕЙНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ

Аннотация. В статье рассматриваются информационные технологии для классификации данных с использованием методов приведения характеристик многомерного пространства к уровню визуализации данных. Компоненты этапов использования информационных технологий обсуждаются подробно. Основой является сокращение пространства многомерных объектов в пространство, которое можно визуализировать. Следующим шагом является построение кусочно-линейных разделителей классов на обучающем множестве. В будущем границы проецируются в исходное пространство многомерных объектов. Таким образом, определяются границы классов, что в предлагаемой технологии представляет собой обученную систему классификации. Преимущество заключается в построении гибкой нелинейной системы классификации с использованием кусочно-линейных сепараторов. Предлагаемый способ основан на использовании данных визуализации. Отличительной особенностью информационных технологий является то, что для построения разделителей классов делается включение в том числе пользователя. Пользователь на основе визуального анализа данных определяет расположение границ классов и разрывов. Таким образом, технология предоставляет пользователю удобные инструменты для анализа и классификации данных.

Ключевые слова: информационные технологии, многомерное пространство признаков, визуализация данных, уменьшение в пространстве признаков, классификация.

Introduction and problem statement

The problem statement that is solving in this article it research and development of information technology for classifying data using visualization of the multidimensional feature space. The main goal of the research was to combine visualization and classification into one system. This will improve a number of important parameters, such as visual data analysis, the development of classifiers with the necessary parameters, the interpretation of the classification, the identification of hidden patterns in the data and others.

In many cases, to analyze data, determine the quality of classification, identify clusters, and many other applications, they use visualization of the attribute data space. Visualization is a very powerful informational

direction that is convenient for a person [1-6]. Information richness in visualization is very large. Very often to demonstrate the work of classifiers use a two-dimensional classification with the display of objects and the boundaries of their separation. At the same time, the separability of classes and the distance between classes are well visually well analyzed. Visualization is also important when clustering data and allows you to visually show the aggregation and grouping of data. Visualization is the only opportunity to demonstrate hidden structures and forms of combining data into clusters and sub clusters as well as single objects that are not included in the clusters. Note that visualization is very effective additional tool for more understanding, interpretation and solving a lot of problems, for example, for packing [7, 8], for communicative information problems solving [9-11]. When clustering, visualization is one of the most important areas, which allows to evaluate the quality of clustering.

Another important aspect that is also used in clustering is the evaluation of the quality and efficiency of a particular method. Evaluation makes the person based on the visual presentation of data. Data in most cases are presented in two-dimensional space, as the most convenient for visual perception by person. The text has a high dimension of features that form the structure and have several features in the classification [12,13]. The visual presentation of the text requires a significant reduction in the dimension, which in general loses information content

The real data in the classification have a complex structure. Spatial grouping of classes in many cases when using classifiers does not allow building an acceptable separator. Since the separation line is generally non-linear and its construction by automatic methods is not always possible with the required quality of classification. On the other hand, the assessment of the quality of building class division lines is evaluated visually.

Research objective was to develop information technology that allows you to build classifiers, using a visual representation of the data with the construction of nonlinear class separators. The result of using the technology is to reduce the dimension of features to a visually possible representation, then class separators are built that are projected onto the original multidimensional feature space. Thus, the classifier is trained, as a result, hyper dividing planes are built in the multidimensional space.

Related work

Our work is based on previous studies in the field of visual analysis and direct manipulation on point plots of reduced dimension. Using visualization to analyze data in machine learning is a pretty broad topic. Since the use of visualization allows to reveal many aspects and is important for human understanding . It should be noted there are a lot of studies with any use of visualization. Recent trends in visual analytics are the development of interactive user interfaces in order to obtain predictive models using machine learning techniques [14]. In these works, the analyst must act as an expert and understand how computer models work. Models work as an additional analysis tool. A visual analysis should help the analyst consciously manage the model.

The definition of "visual analytics" is actively developing and updated with new aspects of the definition. Visual analytics is designed to replenish and expand knowledge about data. Sacha et al. [15] define knowledge that is obtained through visual analytics as a valid understanding that is supported by evidence. The analyst expands his knowledge of data by observing their behavior as a result of manipulation of it. This process is followed by interesting interpretable observations. Observations are interpreted, aggregated and evaluated. Enhancing understanding is process-oriented research. Visual analytics is a research process that in general is not aimed at achieving a previously set goal [16]. In the analysis process, various observations may occur that depend on the analyst's qualifications and interpretation. Not all behaviors can be seen and correctly interpreted. Moreover, not all observations are important. Sacha et al. [15] emphasize that analysts, based on their competence, evaluate observations by their importance. The analyst has a vision of what observation is important in achieving a goal in the analysis process. Depending on the tasks of visual analytics, the analysis is aimed at describing, predicting or developing behavioral variants of the resulting states [15].

The model allows describing the relationship between the data, predicting the behavior of future data using existing ones or evaluating the consequences of possible behavioral actions. The purpose of visual analysis is to obtain advanced information about the data. This process is iterative and well presented as a process of extracting new knowledge from data [17,18].

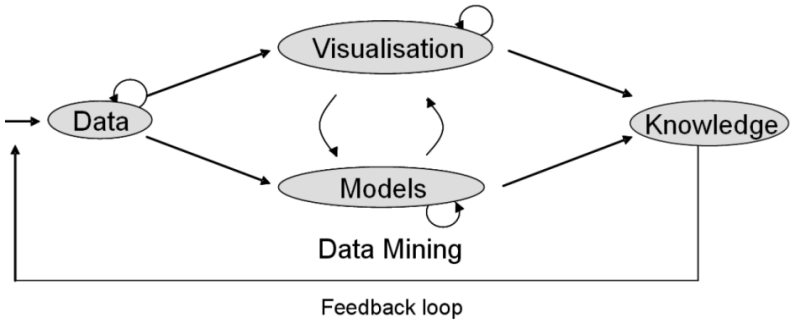


Fig. 1. Visual data exploration [17]

This scheme is basic, developed and widely used in works on visual analytics [16,19,20]. It should be noted that there is a lot of research in the field of visual analytics. The main goal of the research is the formation of a good informative picture for the analyst and productive interaction with the visual analysis tool. In this regard, it is necessary to measure the quality of visualization [21,22, 23]. Effective visualization is to show as much information as possible in the simplest form. This aspect is very important because it allows expanding the use of visual analytics for analysts with different qualifications. Thus, the trends in the use of visual analytics indicate an increasing involvement of human in the process of extracting knowledge from data and developing visual analytic workflow. According to Figure 1, one of the main parts of analytics is the model.

Due to the great involvement the human, the concept of a model is changing. The goal is to build a mental model of human understanding of a certain piece of reality reflected in data. Computer-generated artifacts labeled as 'features, patterns, model components, ...' and not as a model [16, 24]. The model built in the mind of the human analyst. A human becomes an integral part of the analytical system and its main brain part. A human has priority knowledge and is able to build the model he needs for use in the analysis. The result of the analysis is the construction of a mental model in the human mind. In this regard, data transformation comes to the fore. Data transformation is an important stage for visual analytics [25]. Data transformation should provide visual representativeness of information according to the purpose of the study.

If a human becomes an integral part of the analytical system, it is necessary to provide effective feedback from the human to the system. Since the mental model is built in the human mind, it is necessary to ensure the mapping of the mental model into the analytical system. Inside the analytical system, there should be a mapping of the mental model. The human needs to provide an effective tool for interacting with the analytical system. We give an example on the classification of data. Visually, the data is arranged so that for a human it is obvious that the data is divided into two classes. This concept has developed in mind of the human and is a mental model. It is necessary to ensure the mapping of the mental model into the internal model of analytical system. The human must be equipped with the ability to indicate the boundaries of classes or the boundaries of the separation of classes in the visual analytics system. The boundaries of classes should be interpreted by the internal model of the system as the rules for classifying data into classes. Further, when classifying new objects, the system determines the position of the object relative to the boundaries of the classes and indicates to which class the object belongs. This example is a practical implementation of a human-centered analytical classification system.

Information technology classification based on data visualization

Since the important direction of research is data visualization, it is necessary to use the opportunities and advantages that are available at the present stage of development of machine learning. Data visualization provides the maximum information content for a person when analyzing and presenting hidden structures and grouping data. Training classifiers occurs automatically. Further, the results of training and the work of classifiers are visualized for analysis. Accordingly, if the results do not satisfy the requirements, the adjustment or change of approaches is carried out. In general, the source data can be visualized, analyze the structure and divided into classes. Further, the lines of separation of classes, it is necessary to project into the original hyperspace signs, where they will be presented in the form of separating hyperplanes. Thus, in the space of the original features, classes with the planes bounding them will be formed. This reflects the learning process of the classifier. At the next stage, it is necessary to formulate rules for defining a new object in a hyper volume of a certain class.

Information technology data classification at the training stage can be represented in this form of successive transformations.

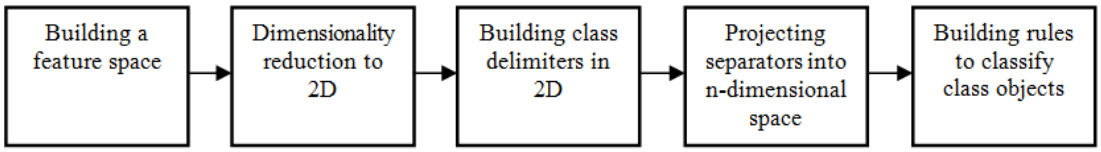


Fig. 2. Sequence of transformations during classifier training

Information technology at the learning stage involves the following steps: a) reducing the n-dimensional feature space of objects into a two-dimensional space; b) construction of class separators in the form of piecewise linear separators; c) projection of separators into the initial n-dimensional feature space and the construction of hyperplanes; d) the use of separators in the form of separating hyperplanes for classification; e) building decision rules for determining whether a new object is located in a hyper volume of a certain class.

In the classifier training scheme, the general approach that underlies the information technology is considered. Let us consider in more detail each stage and analyze and develop methods that allow you to practically implement and use information classification technology.

Reducing the dimension of the n-dimensional feature space

A number of methods are used to reduce the number of features: principal component analysis (PCA), multidimensional scaling (MDS), generative topographical mapping (GTM), self-organizing maps (SOM), Stochastic Proximity Embedding (SPE), and others. The methods are based on different approaches based on the purpose and conditions for reducing the dimension. It should also be noted that many such methods have found practical application in special areas, for example, GTM. Depending on the purpose and approaches, the methods differ significantly [26]. As an example, focusing on the vector of features in the original space and constructing a configuration in a space of lower dimension.

One of the ways in which you can get a reduction in the number of signs is data visualization. The multidimensional scaling is based on the proximity of data, which are presented as paired values of the distance differences obtained from the space of dimensionality of features [27,28].

Data separation is an important feature in classification problems. At the same time, it allows reducing noise, redundancy and ambiguity of data. The ultimate goal of visualization is to lower the dimension of the feature space to a space of a lower dimension that can be visually displayed.

Objects that belong to a class have a certain measure of similarity. This measure shows how similar objects are. This can be obtained in various ways, such as, for example, calculating the correlation coefficient or the geometric distance in the vector representation of data. In MDS, each object in a low-dimensional space is represented by a point, and the distance between the points displays the original information about the similarity. That is, the greater the differences between objects, the farther they should be in low-dimensional space. The geometric location of the points allows you to visualize the hidden data structure. This makes it easier to understand the data structure. Visually definable data clusters, agglomeration and separability of data. It is also possible to visually determine the boundaries of geometric formations based on the tasks of researching data and visualized hidden data structures. Based on this, MDS was chosen for data visualization, as a method that is based on "geometric distance", as a measure of the difference of objects. The visualization of the boundaries of agglomerations also uses geometric constructions based on distances.

Thus, we can visualize the boundaries of the data sets. Information visual data analysis we can display on the data space. Thus, complementing the information content in the direction of the task of analysis.

Multidimensional scaling of feature space

The initial data for scaling is a matrix of pairwise distances between objects [29]. The distance between the i and j object is indicated $\delta_{ij} = d\left(X_i, X_j\right)$. Objects are defined by multidimensional points $X_i = \left\{x_{i1}, x_{i2}, ..., x_{in}\right\}$, $i = 1...n$. The distance is calculated as follows:

$$d\left(X_i, X_j\right) = \left(\sum_{k=1}^{n} \left(x_{ik} - x_{jk}\right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}. \quad (1)$$

It is necessary to minimize the display error. Accordingly, a measure of the quality of the display is determined σ - stress, which can be denoted by the least squares function [26]:

$$\sigma = \sum_{i<j} w_{ij}\left(d\left(Y_i, Y_j\right) - \delta_{ij}\right)^2 . \quad (2)$$

To minimize the stress function, an approach is proposed which consists in finding the proximity matrix and iteratively using the SMACOF algorithm [30].

At this stage, the information technology process will consist of the following steps: a) formation of a pairwise distance matrix based on the input data; b) finding the square of the distances of the distance matrix; c) the use of double centering of the matrix; d) determining the eigenvalues and eigenvectors of the matrix; e) optimization of the map by the SMACOF algorithm.

As a result, we obtain a set of objects with a pair of coordinates that can be displayed. For mapping in two-dimensional space, two generalized coordinates are sufficient. Objects are the display of labeled data from multidimensional space. Since the objects are labeled, it is necessary to designate classes on the resulting plane to form a decision tree based on the linear classifier.

Formation of a piecewise linear separator and separating hyperplanes

If the discriminant function is linear, then the classifier $d\left(\bar{x}\right)$ is determined as

$$d\left(\bar{x}\right) = \bar{W}^T \bar{x} + w_n , \quad (3)$$

where $\bar{x} = \left(x_0, x_1, ..., x_{n-1}\right)^T$ is the feature vector defining the image of the object being classified; $W = \left(w_0, w_1, ..., w_{n-1}\right)^T$ - vector of classifier weight coefficients; w_n - threshold value.

Belonging to one of two classes $\Omega(1), \Omega(2)$ - is determined by the rule

$$d\left(\bar{x}\right) = \sum_{i=0}^{n-1} w_i x_i + w_N \begin{matrix} < \\ > \end{matrix} 0 \rightarrow \begin{cases} \Omega(1) \\ \Omega(2) \end{cases} \quad (4)$$

The piecewise linear approach to constructing a separation line is the most optimal, since it allows the use of a combination of linear dividers. This allows you to take advantage of linear dividers and create the necessary configuration in the visual space. When using a linear classifier in a multidimensional space, a hyperplane is sought, which will be the dividing criterion for compliance with the class. Next, the vector y_i is searched for a new element represented by a point x_i and for some boundary value b from the condition:

$$y_i = \{+1, wx_i > b; or\ -1, wx_i < b. \quad (5)$$

Equation (5) with equality to zero describes the hyperplane.

Practical use of information technology

The formation of non-linear classification rules is performed by the following sequence of actions: a) the formation of piecewise linear visual restrictions of the class in the reduced space; b) calculation of the reference points-rules for the class; c) transformation of rule points into multidimensional space; d) the construction of hyperplanes in a multidimensional space based on transformed points; e) formation of rules for a class in a multidimensional space based on restrictive hyperplanes.

Piecewise linear restrictive rules define the class areas and allow you to visually determine the need to increase or limit the class area, which is important in the border data. It should be noted that the classification process takes place in accordance with the rules of the decision tree. This process is quite fast and does not require large resources. Ensuring the presence of a visual component in the classification is particularly important in comparison with other approaches, especially in the context of complex boundary conditions of classification. This ensures the availability of additional information component through visual interactive means of determining class constraints. This allows us to provide tools for obtaining additional information by the system and controllability of the classification process. The results of the system are well understood and manageable due to the visual presentation.

The scope of the restriction is provided by the minimum necessary visual boundaries, which, if necessary, can be redefined.

The classification of new data takes place in a multidimensional space based on the calculated data and their corresponding position relative to the limiting hyperplanes. The spatial position of the new element with respect to all hyperplanes is determined, thus determining its location in categories of classes of bounded volumes.

For classification used text data. The data is based on the corpus as Reuters and is selected specifically to demonstrate the method for well-shared data. Text data has a large set of features [31].

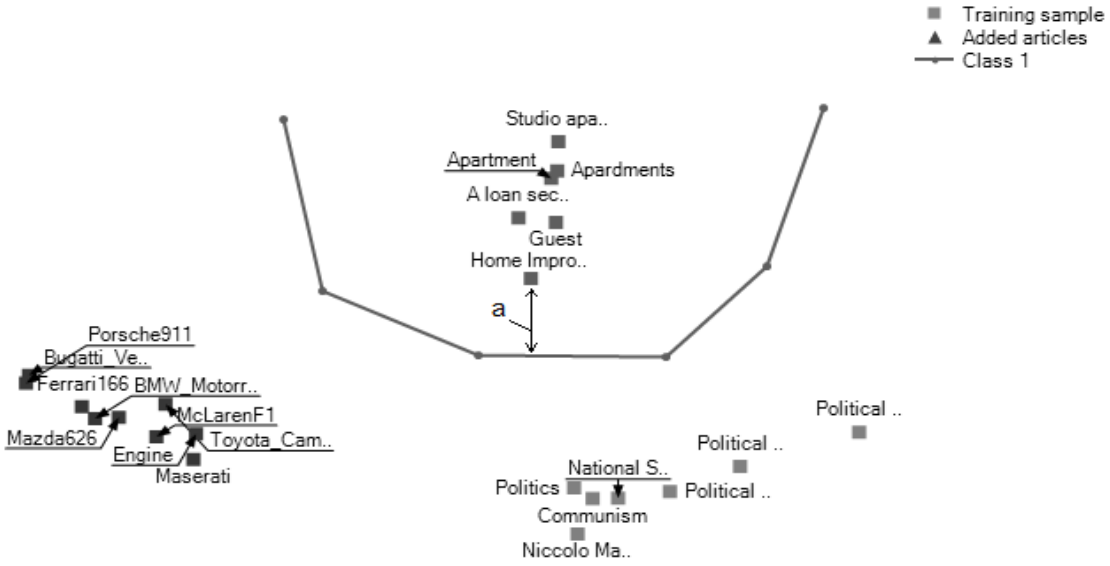
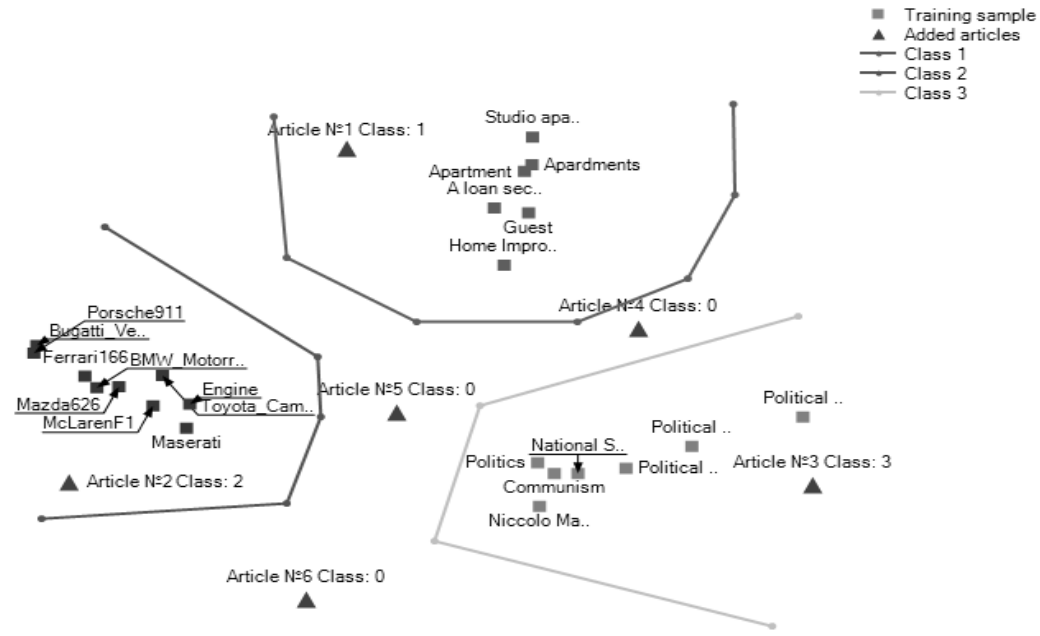


Fig. 3. Construction of the separation line



	line_1	line_2	line_3	line_4	line_5	line_6
▶	-1	-1	-1	-1	-1	-1
	1	-1	-1	-1		
	1	1	-1			

Fig. 4. Object classification and rules related to classes

This is important from the point of view of determining the possibility of representation and minimizing distortion while decreasing the dimension of space. A sample of textual data was formed on the basis of the separation ability and the formation of categories of categories. The distances between the classes are well defined in the projected space. This is a good representation of classes and grouped for generalized features.

Three groups of objects are well grouped and these groups are located rather far in two-dimensional space. We define these groups to represent classes. Next, we graphically define the class grouping boundary. What is important is not only a class restriction, but also the definition of the class boundary fields. Visually, we can determine the parameter and get the minimum distance from the border to the object.

Each class object is characterized by general class rules regarding its boundaries. The number of rules corresponds to the number of segments of the boundary line. In Figure 3 denotes a table of rules of three rows in a cell which contain rules for the relative position of class objects. The coordinates of a point are generalized features in a two-dimensional space. The rules designate the position relative to the class boundaries for defining such decisive designations as “inside” and “outside” of the class. Class boundaries are a contour of piecewise linear segments without discontinuities. The position of the object is determined with respect to each segment of this contour to form a set of rules.

In the general case, the position of the objects of the class relative to the contour of the bounding class is indicated. Thus, we train the system, denoting class boundaries. A trained system is defined boundaries of the volumes of a hyperspace in which objects of classes with the necessary tolerances of generalization consist. When mapping to two-dimensional space, we determine the position of new objects. The data for testing is located relative to the classes Article No. 1 Class 1, Article No. 2 Class 2, Article No. 3 Class 3. A feature of the proposed technology is the existence of a separation band between the classes.

CONCLUSION

The article presents the result of the development and use of information technology classification for example text. This is done by reducing the feature space by the space of a possible graphical visual presentation. In addition, reducing the dimension allows you to reveal the hidden data structure. Visualization allows for the most informative presentation of data for the analysis of the relationship between the attributes. On the basis of the analysis, the piecewise linear boundaries of the classes are graphically determined with their projection into the initial hyperspace of features. The formation of separation planes in the feature space is the purpose of the classifier training. Visualization also allows you to determine the degree of data classification and generalization of the model.

The main advantage of the method is the minimization of information data loss and the visual management of graphical training of the data classification model. The information technology constructed using the proposed method provides a flexible data classification tool with the ability to specify the class boundaries.

This work was supported by the grant of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. AP08053034 "Development of new methods for modeling and recognition of Kazakh sign language ", carried out at the Institute of Information and Computing Technologies, Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, under contract No. 85 dated 20.05.2020.

REFERENCES

[1] Yang, Z., Peltonen, J., Kaski, S. Scalable optimization of neighbor embedding for visualization. In Proc. Int. Conf. on Machine Learning, 2013.

[2] Dzemyda, G., Kurasova, O., ˇZilinskas, J. Multidimensional data visualization: methods and applications, Springer Optimization and Its Applications, Springer, 2013.

[3] Lotif, M.: Visualizing the population of meta-heuristics during the optimization process using self-organizing maps, IEEE Congress on Evolutionary Computation. 2014. P.313-319.

[4] Kryvonos, Iu.G., Krak, Iu.V. Modeling human hand movements, facial expressions, and articulation to synthesize and visualize gesture information. Cybernetics and Systems Analysis. 2011. Vol. 47, N. 4. P. 501-505.

[5] Krak, I.V., Kryvonos, I.G., Barmak, O.V., Ternov, A.S. An approach to the determination of efficient features and synthesis of an optimal band-separating classifier of dactyl elements of sign language. Cybernetics and Systems Analysis. 2016. Vol. 52, N. 2. P. 173-180.

[6] Krak, I., Kondratiuk, S. Cross-platform software for the development of sign communication system: Dactyl language modelling, Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017, 2017. Vol. 1, pp. 167-170. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098760.

[7] Litvinchev, I., Infante, L., Ozuna, L. Approximate packing: integer programming models, valid inequalities and nesting. In: Fasano G., Pinter J.D, (Eds.), Optimized Packings and Their Applications. 2015. Vol. 105, P. 117-135.

[8] Torres-Escobar, R., Marmolejo-Saucedo, J.A., Litvinchev, I. Binary monkey algorithm for approximate packing non-congruent circles in a rectangular container. Wireless Netw. 2018. doi:10.1007/s11276-018-1869-y.

[9] Kryvonos, I.G., Krak, I.V., Barmak, O.V., Kulias, A.I. Methods to create systems for the analysis and synthesis of communicative information. Cybernetics and Systems Analysis. 2017. Vol. 53, N. 6. P. 847-856.

[10] Krak, Iu.V., Barmak, O.V., Romanyshyn, S.O. The method of generalized grammar structures for text to gestures computer-aided translation. Cybernetics and Systems Analysis. 2014. Vol 50, N 1. P. 116-123.

[11] Joulin, A., Grave, E., Bojanowski, P., Mikolov, T. Bag of tricks for efficient text classification. In Proceedings of the 15th Conference of the European Chapter of the Association for Computational Linguistics (EACL), 2017.

[12] Manziuk, E. A., Barmak, O.V., Krak, Iu.V., Kasianiuk, V.S. Definition of information core for documents classification. Journal of Automation and Information Sciences. 2018. - Vol. 50, N.4. – P. 25-34.

[13] Barmak, O., Krak, Y., Manziuk, E. Characteristics for choice of models in the ansables classification. 2018 CEUR Workshop Proceedings 2139, pp. 171-179

[14] Endert, A., Ribarsky, W., Turkay, C., Wong, B. W., Nabney, I., Blanco, I. D., Rossi, F. The state of the art in integrating machine learning into visual analytics. Computer Graphics Forum, 2017. doi:10.1111/cgf.13092

[15] Sacha, D., Stoffel, A., Stoffel, F., Kwon Bum Chul, K., Ellis, G., Keim, D. A. Knowledge generation model for visual analytics. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2014. - Vol. 20, N. 12. - P. 1604–1613.

[16] Andrienko, N., Lammarsch, T., Andrienko, G., Fuchs, G., Keim, D., Miksch, S., Rind, A. Viewing visual analytics as model building. Computer Graphics Forum, 2018. doi: 10.1111/cgf.13324

[17] Keim, D., Andrienko, G., Fekete, J.-D., Görg, C., Kohlhammer, J., Melançon, G. Visual analytics: Definition, process, and challenges. In Information Visualization: Human- Centered Issues and Perspectives, Springer, Berlin, 2008. P. 154–175.

[18] Keim, D. A., Kohlhammer, J., Ellis, G., Mansmann, F. (Eds.). Mastering The Information Age – Solving Problems with Visual Analytics. Eurographics Association, Goslar, 2010.

[19] Von Landesberger, T., Kuijper, A., Schreck, T., Kohlhammer, J.,van Wijk, J.J., Fekete, J.-D., Fellner, D.W. Visual analysis of largegraphs: State-of-the-art and future research challenges. Computer Graphics Forum, 2011. - Vol. 30, N.6. - P 1719-1749.

[20] Kucher, K.; Paradis, C.; Kerren, A. The state of the art in sentiment visualization. Computer. Graphics Forum, 2017. - Vol. 37, N. 1. - P. 71-96.

[21] Behrisch, M., Blumenschein, M., Kim, N. W., Shao, L., El-Assady, M., Fuchs, J., Seebacher, D., Diehl, A., Brandes, U., Pfister, H., Schreck, T., Weiskopf, D., Keim, D. A. Quality metrics for information visualization. Computer Graphics Forum, 2018. Vol. 37, N. 3 – P. 625–662. doi:10.1111/cgf.13446.

[22] Abbas, M. M., Aupetit, M., Sedlmair, M., Bensmail, H. ClustMe. A Visual Quality Measure for Ranking Monochrome Scatterplots based on Cluster Patterns. Computer Graphics Forum, 2019. – Vol. 38, N. 3 - P225–236. doi:10.1111/cgf.13684.

[23] Bertini, E., Tatu, A., Keim, D. Quality metrics in high dimensional data visualization: An overview and systematization. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2011. – Vol. 17, N. 12. – P. 2203–2212. doi:10.1109/TVCG.2011.229

[24] Liu, Z., Stasko, J. T. Mental models, visual reasoning and interaction in information visualization: A top-down perspective. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2010. – Vol. 16, N. 6. – P. 999–1008.

[25] Thomas, J., Cook, K. Illuminating the Path: The Research and Development Agenda for Visual Analytics. IEEE, 2005.

[26] . van der Maaten, L.J.P., Postma, E.O., van den Herik, H.J. Dimensionality reduction: Acomparative review. Technical Report TiCC-TR 2009-005, Tilburg University, 2009.

[27] Hout, M.C., Papesh, M.H., Goldinger, S.D. Multidimensional scaling. Wiley Interdiscip Rev Cogn Sci., 2013 – Vol. 4, N. 1. –P. 93–103. doi:10.1002/wcs.1203

[28] Krak, I.V., Kudin, G.I., Kulyas, A.I. Multidimensional Scaling by Means of Pseudo inverse Operations. Cybernetics and Systems Analysis. 2019. Vol. 55, N. 1. P. 22-29. https://doi.org/10.1007/s10559-019-00108-9.

[29] de Leeuw, J., Mair, P. Multidimensional scaling using majorization: SMACOF. R. Journal of Statistical Software, 2009. – Vol.31, N.3. – P. 1-30.

[30] Guttman, L. A general nonmetric technique for finding the smallest coordinate space for a configuration of points. Psychometrics, 1968.- Vol. 33, N. 4. – P. 469-506.

[31] Data text classification [Internet] https://github.com/zamgi/lingvo--classify. (access 10/08/2019)

Амиргалиев Е., Крак Ю., Мерембаев Т., Кеншимов Ч., Бармак О., Манзюк Э.

Деректерді азайту және пунктуациялық сызықтық бөлу әдістеріне негізделген ақпараттық технологиялардың жіктелуі

Түйіндеме. Мақалада көпөлшемді кеңістіктің сипаттамаларын деректерді визуализациялау деңгейіне жеткізу әдістерін қолдана отырып, деректерді классификациялау үшін ақпараттық технологиялар қарастырылады. Ақпараттық технологияларды қолдану этаптарының компоненттері нақты талқыланады. Көп өлшемді объектілер кеңістігін қысқартудың негізі визуализациялауға болатын кеңістікке қысқарту болып табылады. Келесі қадам оқыту жиынында бөлікті-сызықты түрдегі кластарды бөлгішті құру болып табылады.

Болашақта шекаралар көпөлшемді объектілердің бастапқы кеңістігіне проекцияланады. Осылайша, ұсынылған технологияда классификациялаудың оқытылатын жүйесін ұсынатын класс шектері анықталады.

Артықшылығы бөлікті-сызықты сепараторларды қолдана отырып, класификациялаудың икемді сызықты емес жүйесін құру болып табылады.

Ұсынылған әдіс визуализацияланушы деректерді қолдануға негізделген. Ақпараттық технологияның атап айтар ерекшелігі - класс бөлгіштерін құруда пайдаланушыны да қосады. Пайдаланушы деректерді визуалды түрде талдау негізінде класс пен үзіліс шекараларының орналасу орнын анықтайды. Осылайша, технология адамды деректерді талдауға және классификациялауға ыңғайлы құралдармен қамтамасыз етеді.

Кілттік сөздер: ақпараттық технологиялар, көп өлшемді мүмкіндіктер кеңістігі, мәліметтерді визуализациялау, мүмкіндіктер кеңістігінің қысқаруы және классификациялануы.

Амиргалиев Е., Крак Ю., Мерембаев Т., Кеншимов Ч., Бармак О., Манзюк Э.

Информационные технологии классификации на основе особенностей сокращения данных и методов пунктивного линейного разделения

Резюме. В статье рассматриваются информационные технологии для классификации данных с использованием методов приведения характеристик многомерного пространства к уровню визуализации данных. Компоненты этапов использования информационных технологий обсуждаются подробно. Основой является сокращение пространства многомерных объектов в пространство, которое можно визуализировать. Следующим шагом является построение кусочно-линейных разделителей классов на обучающем множестве. В будущем границы проецируются в исходное пространство многомерных объектов. Таким образом, определяются границы классов, что в предлагаемой технологии представляет собой обученную систему классификации. Преимущество заключается в построении гибкой нелинейной системы классификации с использованием кусочно-линейных сепараторов. Предлагаемый способ основан на использовании данных визуализации. Отличительной особенностью предложенных информационных технологий является то, что для построения разделителей классов делается с включением, в том числе пользователя. Пользователь на основе визуального анализа данных определяет расположение границ классов и разрывов. Таким образом, технология предоставляет человеку удобные инструменты для анализа и классификации данных.

Ключевые слова: информационные технологии, многомерное пространство признаков, визуализация данных, уменьшение в пространстве признаков, классификация.

УДК 629.45

A.A. Asanov [1], K.S. Kaspakbayev [2], R.S. Ustemirova [2], A.P.Karpov [2]

([1] Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture n.a. N. Isanov, Bishkek, Republic of Kyrgyzstan,
[2] Kazakh university ways of communications, Almaty, Kazakhstan, E-mail: raigul_1980@mail.ru)

MODERNIZATION OF A LOCOMOTIVE IN ORDER TO IMPROVE ITS DYNAMIC CHARACTERISTICS

Abstract. Issues related to the interaction of rolling stock and track have always been the focus of researchers. This article presents one of the possible ways to improve the horizontal dynamics of a locomotive. The results of field tests using pneumatic elements showed an improvement in the dynamic qualities of a locomotive equipped with a horizontal suspension system.

Keywords: locomotive, modernization, dynamics, tests, interaction, wheel set, pneumatic element, comb, full-scale tests, speed, wear.

А.А. Асанов [1], К.С. Каспакбаев [2], Р.С. Устемирова [2], А.П. Карпов [2]

([1] КГУСТА им.Н.Исанова , г. Бишкек, Кыргызская Республика, А.А. Асанов; [2] Казахский университет путей сообщения, г. Алматы, К.С. Каспакбаев, Р.С. Устемирова, А.П. Карпов., E-mail: raigul_1980@mail.ru)

МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛОКОМОТИВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Аннотация. Вопросы, связанные с взаимодействием подвижного состава и пути, всегда были в центре внимания исследователей. В данной статье приведены одним из возможных способов улучшения горизонтальной динамики локомотива. Результаты проведенных натурных испытаний с

использованием пневмоэлементов, показали улучшение динамических качеств локомотива, оборудованного системой горизонтального подрессоривания.

Ключевые слова: локомотив, модернизация, динамика, испытания, взаимодействие, колесная пара, пневмоэлемент, гребень, натурные испытания, скорость, износ.

Введение. Проблема интенсивного износа гребня колёсной пары локомотивов и боковой головки рельса на сегодняшний день является очень злободневной.

Увеличение скорости движения и осевой нагрузки обуславливает новые закономерности в динамике взаимодействия подвижного состава и пути, при котором наблюдается повышенный износ бандажа колёс локомотивов и боковых поверхностей рельсов.

Боковой износ рельсов и гребней колёс связан прежде всего с величиной удельного горизонтального давления колеса на рельсы, то есть с величиной боковой силы и угла набегания гребня колёс на рельс. Условное произведение этих величин и является основным параметром износа.

Проскальзывание гребня бандажа относительно внутренней поверхности головки рельса при действии направляющей силы создаёт очаг поверхностного трения, неизбежно сопровождающийся износом контактирующих поверхностей.

Значительным фактором, влияющим на износ гребней, является сужение ширины колеи, которое началось в 60-х годах прошлого века и было вызвано унификацией. Данное изменение основывалось на ошибочном прогнозе о повышении скоростей движения поездов, в том числе грузовых, до 120 км/час и более. Тогда существовала теория, что при высокой скорости движения зазор между гребнем и рельсом должен быть минимальным. Но дальнейшие исследования показали, что при скоростях до 90 км/час сужение колеи в прямых участках пути с 1524 до 1520 мм воздействие гружённых вагонов на путь уменьшается крайне незначительно, всего на десятки килограммов, то есть на какие - то доли процента. Одновременно в кривых участках пути сужение колеи вызывает сильное увеличение воздействия локомотива и вагонов на путь - 1500 - 2000 кг.

Сужение рельсовой колеи, привело к уменьшению среднего зазора между рабочими гранями гребня колеса и головки рельса. Это с одной стороны повысило устойчивость подвижного состава в колее и позволило увеличить допустимые скорости движения, с другой, - вызвало возрастание интенсивности износа гребней подвижного состава и вертикальных граней головок рельсов.

Результатом перечисленных выше изменений стало возрастание интенсивности изнашивания бандажей колёсных пар.

В результате этого мероприятия, типичным стало явление, когда колёса и рельс практически перестали изнашиваться по поверхности катания, которые специально предназначены для колеса по рельсу. Это показывает, что основные нагрузки ложатся на поверхности гребней колёс и боковые поверхности рельса, которые не предназначены для этого. Основное взаимодействие колеса и рельса происходит через гребни колёс, которые срезаются боковыми гранями рельсов. Также при таком ненормальном взаимодействии ускоренно изнашиваются боковые грани рельсов в кривых несмотря на то, что их твёрдость в 1,5 раза выше гребней колёс. Наиболее быстро нарастают износы гребней при толщине 33 - 28 мм, особенно в летний период и на новых участках пути или после проведения капитального ремонта.

Изменилась геометрия изношенных поверхностей. Изношенные рельсы повторяют профиль гребня и при проходе колёс происходит не только их качение, но добавляется контактирование профиля гребня со всей боковой поверхностью рельса, что также работает на ускоренный износ гребня.

Рассмотрим картину износа при колее 1524 мм. Вначале прокат растёт по кругу катания, затем более медленно начинает расти износ гребня. Обточка колёсных пар в основном ведется по предельным размерам проката или по обнаруженным случайным браковочным признакам. Из-за тонкого гребня обточек практически не было, а обнаружение подреза гребня или зарождение остроконечного наката были очень редкими явлениями. Характер износа был хорошо известен и прогнозируем на длительное время (рис.1).

Характер износа бандажа совершенно изменился после сужения колеи. Резко увеличился износ гребня и практически прекратился износ поверхности катания. Характер износа показан на рисунке 2. Причём износ гребня наблюдался по касательной плоскости к внутренней (рабочей) поверхности гребня. При достижении предельного размера толщины гребня (в пределах 25 мм) теперь приходится на станках для обточки снимать больший по толщине слой металла. Ресурс колёсной пары резко уменьшился.

Одним из факторов, определяющих взаимодействие пути и подвижного состава, является размер ширины рельсовой колеи железнодорожного пути.

Ширина колеи в сочетании с размерами и колёсных пар, определяет сумму зазоров между гребнями бандажей колёсных пар и боковыми гранями головок рельса. Эти зазоры необходимы во избежание заклинивание колёсных пар, подвижного состава, усиленный износ рельсов и колёс, и расстройство пути в плане.

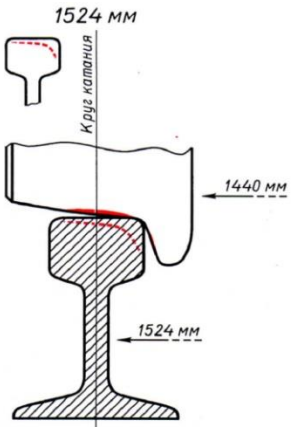


Рис.1. Положение колесной пары и рельса, а также их характер износа, который наблюдается при ширине колеи 1524мм.

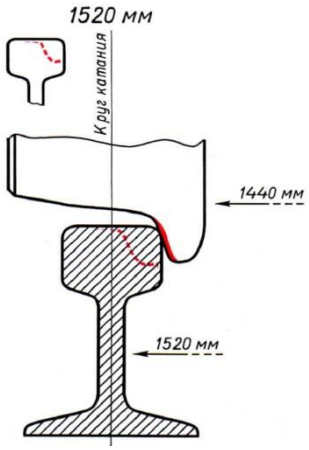


Рис.2. Положение колесной пары и рельса, а также их характер износа, который наблюдается при ширине колеи 1520мм.

В то же время большие зазоры могут привести к ударам гребней колёс при вилянии подвижного состава и при входе его в кривые участки пути, поэтому размеры зазоров выбираются оптимальными. Допуски на содержание ширины по ПТЭ колеи +6 и -4 мм. Уменьшение возможной величины зазора между гребнем колеса и рельсом желательно по условиям снижения амплитуды виляния колёс. В целях повышения устойчивости подвижного состава при движении поездов на прямых участках пути, особенно при повышении скоростей, и уменьшения износа рельсов и колёсных пар был изменён, в своё время, один из важнейших нормативов железнодорожного транспорта — ширина рельсовой колеи.

Эта мера позволит уменьшить колебания в горизонтальной плоскости и боковые воздействия колёс на рельсы при движении поезда, что имеет особое значение при высоких скоростях.

При повышении скорости наиболее острой становится проблема динамики экипажа, особенно в горизонтальной плоскости. Источниками горизонтальных колебаний являются боковые удары при в вписывании подвижного состава в кривые, наличие неровностей пути в плане **и** извилистое движение колёсных пар, вызываемое конусностью бандажей и зазорами между гребнями колёс и внутренними гранями головок рельсов.

Методы. Колебания виляния и относа вызывают появление боковых ударов колёсных пар о рельс и воздействие упругих сил со стороны рельсового пути, стремящегося восстановить своё первоначальное положение.

Исследование работы наиболее распространённых современных отечественных и зарубежных тележек показывает, что одним из путей улучшения ходовых качеств подвижного состава при высоких скоростях движения является использование в системе подвешивания пневматических упругих элементов с нелинейной силовой характеристикой [1-3].

В настоящее время во многих странах проводятся широкие конструкторско - экспериментальные работы по созданию и совершенствованию систем пневматического подвешивания для железнодорожного транспорта.

Различия в конструктивных особенностях и динамических качеств пневматических элементов требуют выбора соответствующего типа для каждого конкретного случая [4-6].

В данном случае в качестве объекта исследования выбран пневмоэлемент типа 650-220-110 НИ-14 (рис.3).

Это обусловлено использованием их в качестве упругой и демпфирующей связи между кузовом и тележками электровоза ВЛ 60 в горизонтальной плоскости.

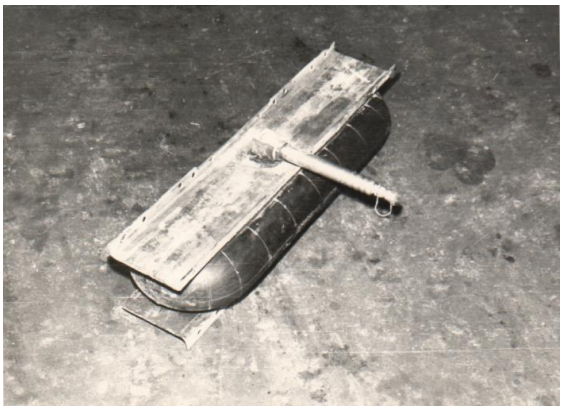


Рис.3. Пневмоэлемент НИ-14

Основным критерием при этом является величина момента сил, необходимая для эффективного снижения колебаний виляния локомотива, которая должна составлять не менее 5500 кГс м для v=100 км/ч.

Другим фиксированным показателем служит высота оболочки в рабочем состоянии (Н= 110 мм), обусловленная габаритными размерами экипажа электровоза (рис.4).



Рис.4. Установка пневмоэлемента между кузовом и тележками

Такой выбор обусловлен тем, что пневматические элементы подушечного типа по сравнению с баллонными и диафрагменными при той же грузоподъемности обладают существенными преимуществами: имеют значительно меньшие габариты в поперечном сечении, легче монтируются, способны воспринимать боковые усилия. Важную роль при этом играет удобство размещения такого элемента между кузовом и тележками электровоза.

Выбор рациональных параметров опытной системы пневмоподвешивания для внедрения в соответствующую конструкцию локомотива с гибкими поперечными связями между кузовом и тележками осуществлялся на стенде [7-9].

С каждой стороны тележки напротив возвращающих устройств было размещено по два пневмоэлемента, которые препятствуют колебаниям виляния и относа (рис.5).

Пневмоэлементы каждой стороны тележки локомотива соединены трубопроводами с дополнительным объемом, величина которого, давление в нем и диаметр дроссельного отверстия были выбраны по результатам стендовых испытаний и теоретических расчетов.

Демпфирование колебаний виляния и относа локомотива осуществляется за счет рассеяния энергии при перетекании воздуха из пневмоэлемента в дополнительный объем через дроссель, что положительно сказалось на динамике локомотива. Соединение пневмоэлементов каждой стороны тележки позволило обеспечить продольную балансировку системы пневмоподвешивания и улучшить вписывание локомотива при движении по кривым участкам пути.

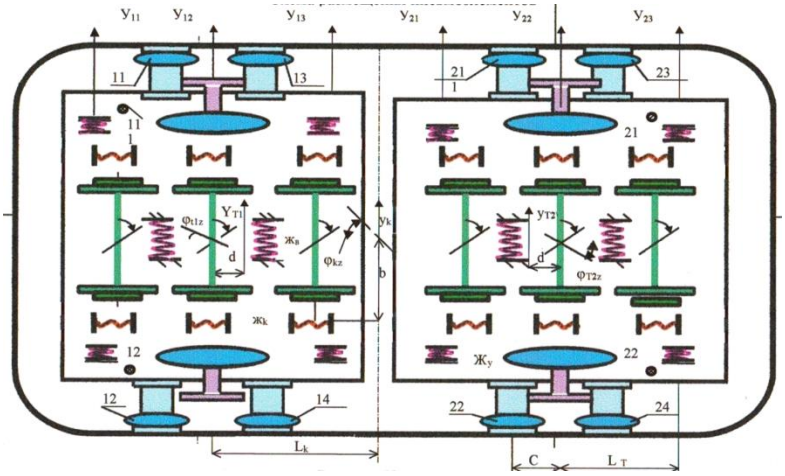


Рис.5. Схема размещения пневмоэлементов

Результаты. Горизонтальная динамика электровоза ВЛ-60 оценивалась по ускорениям его обрессоренных и необрессоренных частей, частотам и амплитудам относительного перемещения кузова и тележки.

При этом были подтверждены результаты, полученные ранее, т.е. наиболее оптимальными являются объём основного пневмоэлемента V_0=55л с рабочим давлением p_0= 2.5 кгс/см и диаметр дроссельного отверстия 10-12 мм.

Экспериментальные исследования показали, что ускорения в горизонтальной плоскости для обрессоренных частей модернизированного электровоза ниже, чем для серийного, в 5,5 - 5,7 раза на кузове и в 3,2-3,3 раза на тележке. Деформация при движении на прямом участке пути с V=90км/ч составили для первой ступени в вертикальном направлении 5,3 -5,4 см, для центральной в поперечном 1,0 - 1,5 см. Установка дополнительных демпфирующих и упругих элементов обеспечила более плавный ход экипажа. Амплитуда колебаний относа кузова относительно тележек уменьшилась в 5,5-6 раз. Хотя надрессорное строение испытуемого локомотива и не склонно к боковой качке, путем предлагаемой модернизации удается удалить ее частоту из зоны, характерной для виляния. При движении по кривому участку наличие пневматического горизонтального подрессоривания ведет к возрастанию направляющих усилий на 7-8%. Автоматическое отключение пневмосистемы в начале входа в кривые малого радиуса и включение при выходе из них позволяют избежать увеличения воздействия на путь [10,11].

На (рис. 6) приведены горизонтальные колебания кузова электровоза ВЛ-60 при различных скоростях и горизонтальных неровностях пути.

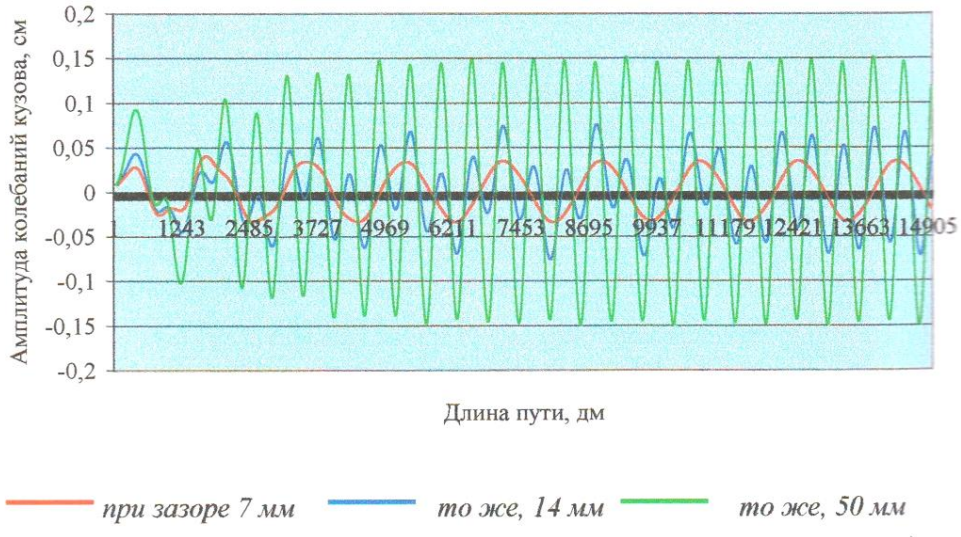


Рис. 6. Горизонтальные колебания (относ) кузова опытного электровоза ВЛ 60 при скорости 100 км/ч

Анализ данных показал, что с увеличением зазора между гребнем колеса электровоза и рабочей гранью рельса изменяются характер и величина горизонтального колебания кузова. Например, при достижении максимальной величины зазора 50 мм величина амплитуды кузова составляет 0,285 см. Это в 2,74 раза выше, чем при минимальном зазоре. Другой характер имеет горизонтальное колебание кузова при увеличении скорости (рис.7).

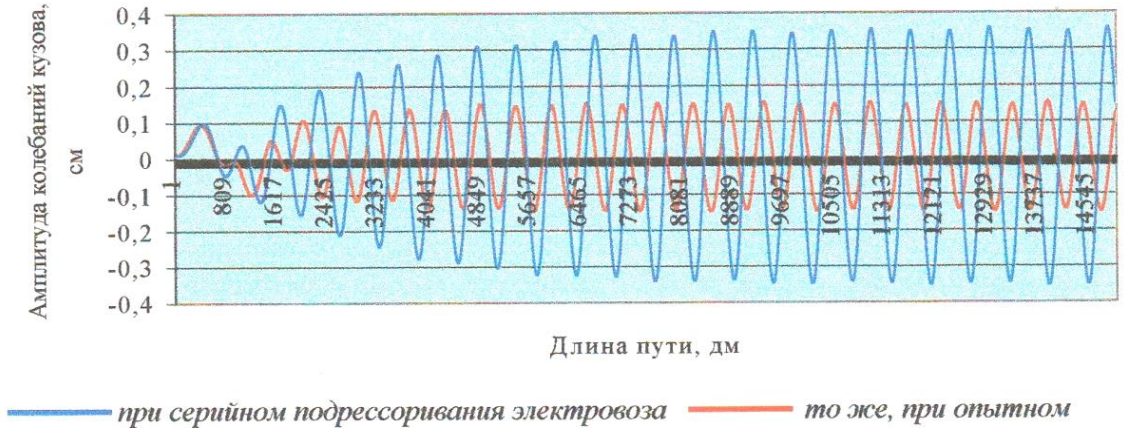


Рис.7. Горизонтальные колебания (относ) кузова при различных способах подрессоривания электровоза при максимальной скорости движения и зазоре

Анализ данных (рис.7.) показывает, что при применении пневматического подвешивания электровоза амплитуды горизонтального колебания кузова уменьшаются. Например, при максимальной скорости и зазоре между рельсом и гребнем колеса амплитуды колебания кузова уменьшилось в 2,8 раза [12,13].

Сравним горизонтальные колебания тележек при серийных и опытных способах подрессоривания электровоза. На (рис. 8) приведены графики амплитуды колебания кузова при различных способах подрессоривания электровоза.

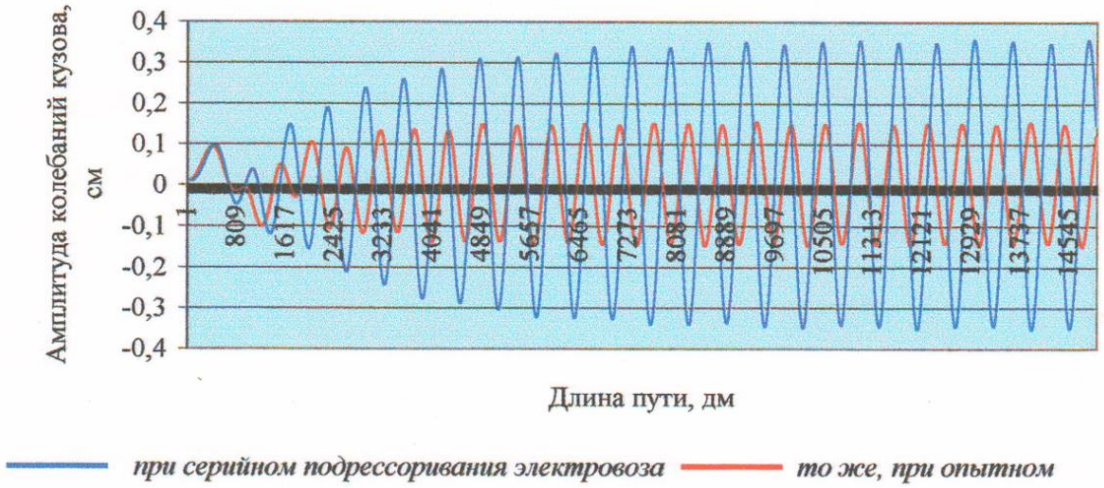


Рис.8. Горизонтальное колебание(относ)кузова при различных способах подрессоривания электровоза, максимальной скорости движения и зазоре

Анализ данных (рис.8) показывает, что при применении пневматического подвешивания электровоза амплитуды горизонтального колебания кузова уменьшаются. Например, при максимальной скорости и зазоре между рельсом и гребнем колеса амплитуды колебания кузова уменьшились в 1,8 раза.

На (рис.9) приведены скорости изменения горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 в зависимости от скоростей движения и зазоров между рельсом и гребнем колеса.

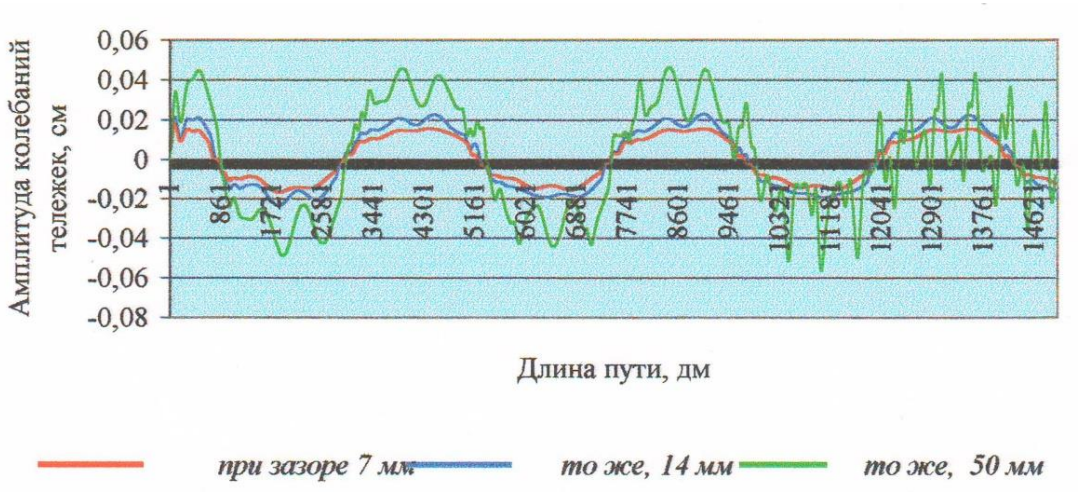


Рис. 9. Скорость изменения горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ 60

Исследования показали, что при малых величинах зазора между рельсом и гребнем колеса скорости изменения горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 зависят от скорости движения электровоза. При максимальных величинах зазора между рельсом и гребнем колеса скорости изменения горизонтального относа кузова серийного электровоза ВЛ-60 не зависят от скорости движения электровоза. Для объяснения этого явления проанализируем ускорение горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 в зависимости от скоростей движения и зазоров между рельсом и гребнем колеса (рис. 10)

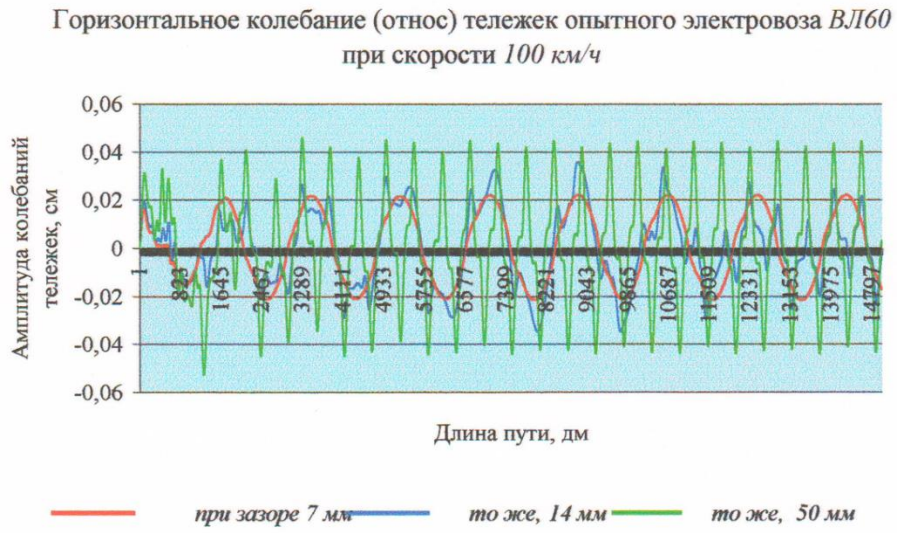


Рис.10. Ускорение горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 в зависимости от скоростей движения и зазоров между рельсом и гребнем колеса

Скорости изменения горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 в зависимости от скоростей движения и зазоров между рельсом и гребнем колеса при скорости 100 км/ч [14].

Ускорение горизонтального относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 в зависимости от скоростей движения и зазоров между рельсом и гребнем колеса при скорости 100км/ч.

Обсуждение. Современный магистральный локомотив, наряду с эластичным рессорным подвешиванием, должен обладать гибкими поперечными связями кузова с тележками.

Одним из принципов конструирования современных тележек локомотивов является введение поперечной связи между кузовом и тележками. Это необходимо для ограничения боковых сил, воздействующих на локомотив в начале вписывания в кривую, а также при ударе колёс о рельс из-за неровностей пути. Конструктивное исполнение соответствующих устройств достаточно разнообразно.

Эти устройства обеспечивают разную степень свободы перемещения тележек относительно кузова. Колебания, виляния и относы вызывают появление боковых ударов колёсных пар о рельс и воздействие упругих сил со стороны рельсового пути, стремящегося восстановить своё первоначальное положение.

На снижение удара большое влияние оказывает поперечная упругость рельсового пути, а также снижение массы, участвующей в ударе. Поэтому необходима упругая связь как колёсной пары с рамой тележки, так и тележки с кузовом локомотива, тем самым исключить влияние инерционного воздействия кузова через тележку на путь. Это воздействие будет зависеть только от характера и параметров поперечной связи кузова с тележкой.

Конструктивное исполнение узлов, обеспечивающих такое смещение, различно и определяется как компоновкой локомотива, так и принятыми традиционными схемами исполнения экипажной части.

Характеристика упругой поперечной связи кузова с тележками должна удовлетворять противоречивым требованиям: минимальному горизонтальному динамическому воздействию локомотива на путь и в то же время достаточно малым поперечным перемещением кузова относительно тележки под действием горизонтальных сил.

В частности, на электровозе ВЛ - 60, характеристику упругой связи проще всего изменять величиной предварительной затяжки пружин возвращающих аппаратов. Выбор оптимальной величины этого параметра следует производить с учётом изложенных выше требований.

Одной из основных причин склонности к вилянию электровоза ВЛ - 60 является конструктивный недостаток опорно - возвращающих устройств кузова. Поэтому этот локомотив взят в качестве объекта исследования.

В конструкции опор кузова на тележки электровоза ВЛ - 60 нет устройств для демпфирования колебаний виляния и относа. Для данного электровоза характерно увеличение амплитуд перемещений и ускорений при скоростях движения, превышающих 65 - 70 км/час. Одна из причин этого -отсутствие достаточного демпфирования горизонтальных колебаний кузова электровоза.

Анализ полученных данных показал, что величины скорости и ускорения относа кузова опытного электровоза ВЛ-60 во многом зависят от размера зазора между рельсом и гребнем колеса.

Установка пневмоэлементов позволило снизить напряжения в раме тележки, уменьшить воздействие на путь, обеспечить спокойный и плавный ход локомотива в прямых участках пути, а также создать предпосылки для увеличения конструкционной скорости движения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Каспакбаев К.С, Утепова А.У. Обеспечение поперечной устойчивости локомотива при движении в прямых участках железнодорожного пути. Материалы XXXV научно-практической конференции профессорско-преподавательского состава и студентов КазАТК, посвященной 20-летию независимости Республики Казахстан «Индустриально - инновационное развитие» транспортно-коммуникационного комплекса Казахстана: проблемы и перспективы». Алматы, 2011, Т I, С 239-243.

[2] Нурмамбетов СМ. Причины возникновения и методы уменьшения интенсивного износа гребня бандажа железнодорожных колёс. Алматы, Промышленный транспорт Казахстана, 2016, №3 (52), С.24-28.

[3] Уразбеков А.К., Каспакбаев К.С. Управление воздействием локомотива с упруго-диссипативными связями на железнодорожный путь – Алматы: изд-во «Бастау», С. 2001 – 220

[4] Бородулин И.П., Бренер Е.Д., Гречищев Е.С. Тепловозы: конструкция, теория и расчет. (под ред. Н.И.Панова) М.,Машиностроение, 1976.-544с.

[5] Пневматические упругие элементы с резинокордными оболочками. Расчет, конструирование, изготовление и эксплуатация. Сборник научных трудов. (под ред. Пиновского М.Л., Колоколова Г.А.)/ ЦНИИТЭ нефтехим, 1977. – С.132

[6] Пневмоэлементы с резинокордной оболочкой. Омск, ФГУП «НПП «Прогресс», 2013г.

[7] Пневматическое рессорное подвешивание тепловозов. (под ред. С.М.Куценко), Харьков: «Вища школа», 1978. – С. 96.

[8] Механическая часть тягового подвижного состава. (под ред. И.В.Бирюкова), М., Транспорт, 1992. – С. 440.

[9] Каспакбаев К.С. Пневматическое подвешивание локомотивов. Алматы, ТОО «Алла прима», 2016. С 127.

[10] Пахомов М.П., Каспакбаев К.С. и др. Опытная система горизонтального подрессоривания электровоза ВЛ 60. / Межвузовский тематический сборник научных трудов: «Взаимодействие подвижного состава и пути, динамика локомотивов и вагонов». - Омск. Омский институт инженеров железнодорожного транспорта, 1979. С.16-20.

[11] Пахомов М.П., Каспакбаев К.С. Математическое описание упругих колебаний электровоза ВЛ-60 на пневмоподвешивании в горизонтальной плоскости. «Взаимодействие подвижного состава и пути, динамика локомотивов». Омск, 1976, вып. 180, с.8-15.

[12] Конструктивные особенности резино-кордных упругих элементов. Каспакбаев К.С., Карпов А.П., Курмангалиев К.Ш. /Промышленный транспорт Казахстана № 1 (50) 2016 г.

[13] Технические характеристики и академический метод расчета удлённого(подушечного) пневматического упругого элемента. Каспакбаев К.С., Карпов А.П./ Промышленный транспорт Казахстана № 3 (52) 2016. – С 42-49.

[14] Особенности возмущения подвижного состава от состояния пути. Каспакбаев К.С.,Карпов А.П./ Промышленный транспорт Казахстана № 4 (57) 2017. – С. 85-91.

Асанов А.А., Каспакбаев К.С., Устемирова Р.С., Карпов А.П.

Локомотивті модернизациялау үшін оның динамикалық сипаттамаларын дамыту

Түйіндеме. Жылжымалы құрам мен жолдардың өзара әрекеттесуіне байланысты мәселелер үнемі зерттеушілердің назарында болды. Бұл мақалада локомотивтің көлденең динамикасын жақсартудың мүмкін әдістерінің бірі берілген. Пневматикалық элементтерді қолданумен жүргізілген толық масштабты сынақтардың нәтижелері көлденең аспалы жүйемен жабдықталған локомотивтің динамикалық сапасының жақсарғанын көрсетті.

Түйін сөздер: локомотив, модернизация, динамика, сынау, өзара әрекеттесу, доңғалақ, пневматикалық элемент, жоталар, дала сынақтары, жылдамдық, тозу.

УДК 656.7

Z.E. Konakbay, Asilbekova I. A.Abgapbarova
(Academy of Civil Aviation, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: konakbay.zarina@mail.ru)

IT TECHNOLOGY IN AVIATION

Annotation:. One of the main engines in the development of information technology in aviation is serious competition.Transportation services of all airlines are more or less the same, while at the same time, the introduction of new services that increase passenger comfort is based on the use of information technology.

Key words: baggage, aviation, label, airport, information technology.

З.Е. Конакбай, И.Ж. Асильбекова, А Абжапбарова
(Академия гражданской авиации,Казахстан,г.Алматы.
E-mail: -konakbay.zarina@mail.ru)

IT ТЕХНОЛОГИИ В АВИАЦИИ

Аннотация: Одним из главных двигателей развития информационных технологий в авиации является серьезная конкуренция. Транспортные услуги всех авиакомпаний более или менее одинаковы, и в то же время внедрение новых услуг, повышающих комфорт пассажиров, основано на использовании информационных технологий.

Ключевые слова: багаж, авиация, этикетка, аэропорт, информационные технологии.

Введение Одним из основных двигателей в развитии информационных технологий в авиации является серьезная конкуренция. Услуги по перевозке у всех авиакомпаний более или менее одинаковы, в то же время ввод новых сервисных услуг, повышающих комфорт пассажиров, строятся именно на использовании информационных технологий.

Система включает в себя три основных составляющих: RFID-метка, закрепляемая на помечаемом багаже, с уникальным не подделываемым кодом, стационарные и переносные считыватели, и пакет про грамм интеграции системы в существующую систему учета и контроля перемещения багажа.

Метки:

В метку, которая закрепляется на багаже, записывается информация, однозначно идентифицирующая информацию о номере рейса, авиакомпании, аэропорте назначения, данные

владельца и вес багажа. и любая другая информация в зависимости от требований заказчика. Также метками можно оснастить и сами контейнеры, для упрощения контроля их перемещения и предотвращения ошибок в доставке. На конвейерном транспортере для багажа устанавливается считывающее устройство, подсоединенное к сети аэропорта через Wi-Fi или по проводам. Если, суда по данным метки, багаж был отправлен не туда, система сразу даст об этом знать, и остановит передачу и погрузку.

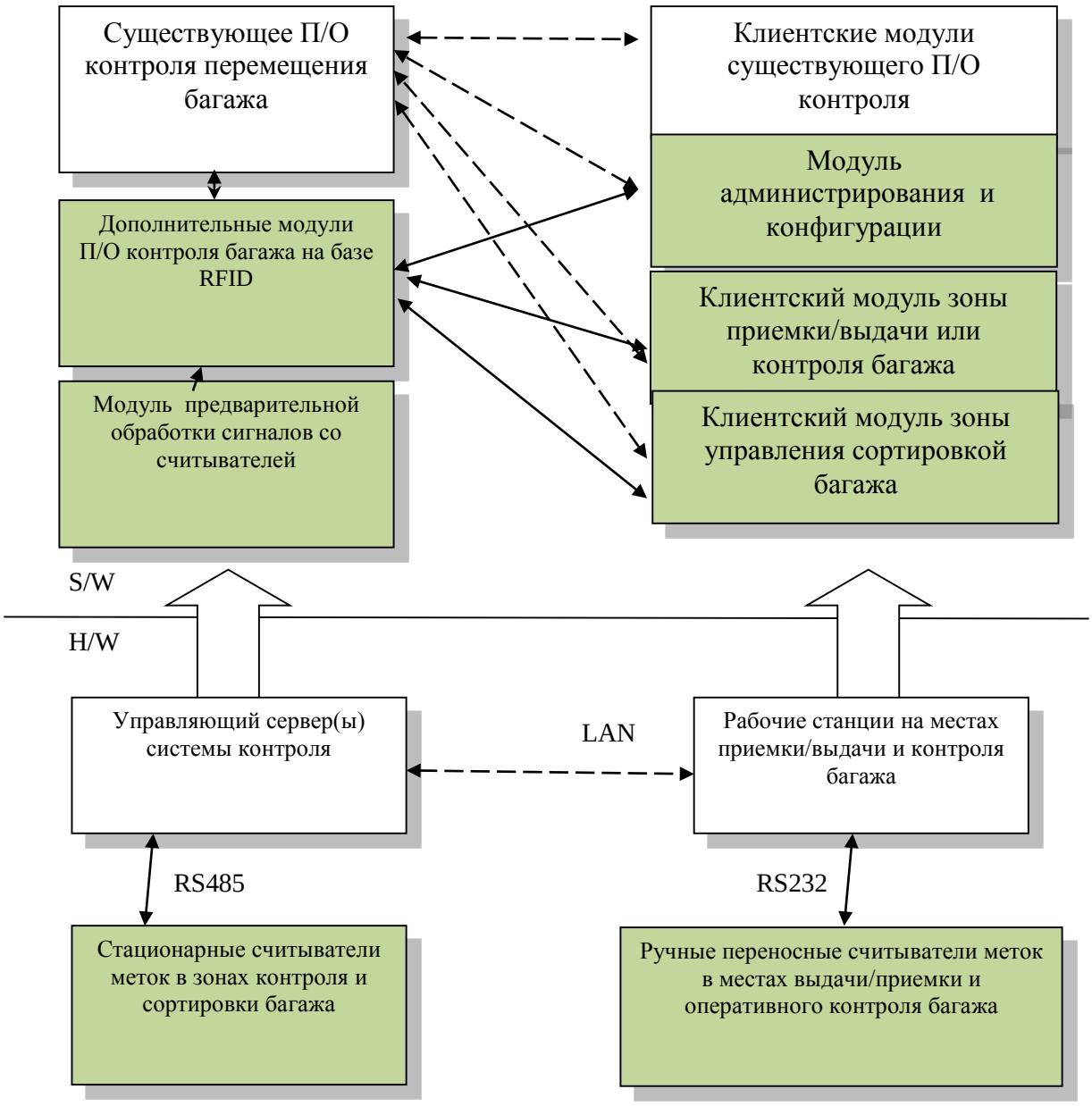


Рис.1. Программно-аппаратная архитектура системы контроля багажа на базе RFID

С помощью считывателей, которые могут быть и стационарными, и переносными, осуществляется запись и чтение данных в метках.

Стационарные считыватели монтируются в местах приема и взвешивания багажа, в местах погрузки багажа в контейнеры и местах сортировки прибывающего багажа. Также для предотвращения случаев хищения противокражные ворота могут устанавливаться на выходах из зон сортировки, хранения и выдачи багажа.

Мобильные считыватели выдаются сотрудникам для операций контроля и быстрого поиска нужного места багажа вне зон формирования контейнеров.

Специализированные программные модули осуществляют интеграцию RFID-системы с существующими системами учета и управления движением багажа, расширяя ее функциональные возможности.

Данная система эффективно решает следующие задачи:

- достоверный контроль перемещения багажа в зонах погрузки и выгрузки;
- ускорение операций и уменьшение числа ошибок при сортировке багажа по рейсам отправления и формирования контейнеров;
- возможность быстрого поиска багажа, не явившегося к посадке пассажира, и снятия его с рейса;
- ускорение операций по расформированию контейнеров и разгрузке багажа с сортировкой по карусельным транспортерам в пункте назначения.

Возможные функциональные расширения системы:

- оснащение метками предметов многоразового пользования (например пледов) позволит снизить риск кражи их пассажирами;
- противокражные ворота в зонах выдачи багажа позволят эффективно предотвращать кражи багажа.

Компоненты системы, помеченные закрашенными блоками, поставляются или разрабатываются ООО « Систематика».

Переносные считыватели могут работать как автономно, с периодическими сеансами синхронизации с базой данных (например, вне зон погрузки), так и иметь с ней постоянный контакт, используя технологию Wi-Fi или Blue Tooth (внутри здания аэропорта).

Основные операции с багажом:

- Прием багажа авиапассажиров во время регистрации.

Весь поступающий багаж оснащается метками на стадии приема его от пассажиров и взвешивания. При приемке багажа от регистрирующегося пассажира все отдельные сдаваемые вещи оклеиваются метками RFID, подготовленными из рулона на специальном принтере, печатающем на метке дополнительную резервную кодовую информацию о рейсе и владельце (для возможности визуальной идентификации багажа в случаях случайного механического повреждения RFID меток). Метки считываются с помощью ручного или стационарного считывателя RFID и их уникальные номера соотносятся в системе с зарегистрированным пассажиром и рейсом.

Для дополнительного контроля в багажную квитанцию также наклеивается RFID метка для безошибочной идентификации владельца каждого места багажа

- Досмотр и проверка багажа на наличие опасных и запрещенных предметов.

При поступлении багажа в зону досмотра, автоматически считываются метки багажа, и на мониторы сотрудников выводится информация о владельце, полученная при регистрации (включая, например, вывод видеозаписи регистрации пассажира у стойки).

После проведения установленной процедуры досмотра багажа на предмет выявления опасных и запрещенных предметов в метку багажа заносится отметка о прохождении им досмотра. На выходе из помещения, где осуществляется досмотр, устанавливаются контролирующие ворота, которые сигнализируют персоналу аэропорта, в случае если в поле их зрения попадет багаж, не прошедший контроль.



Рис.2. Применение RFID в аэропортах: учет багажа

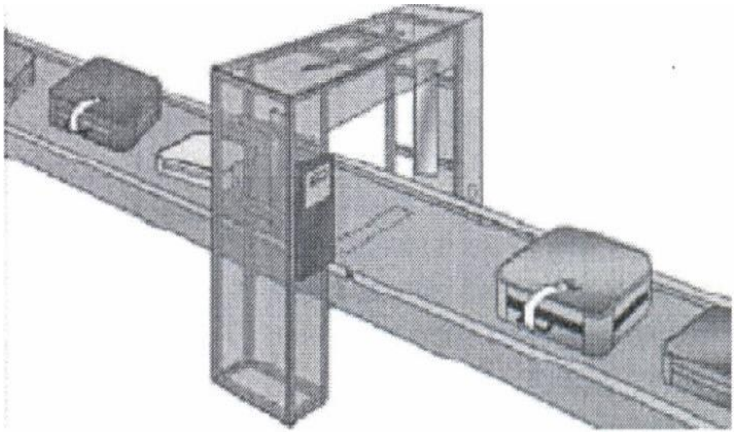


Рис. 3. Автоматический контроль перемещения багажа с помощью стационарных рамочных считывателей

В случае возникновения осложнений с содержимым багажа может быть немедленно сделано объявление для владельца или проинформированы спецслужбы аэропорта.

- Сортировка багажа по рейсам отправления.

Быстрое бесконтактное считывание RFID меток багажа позволяет организовать полностью автоматическую систему сортировки, переключаю-щую направление перемещения багажа по транспортировочным лентам в нужное направление.

Автоматический контроль перемещения багажа осуществляется с помощью стационарных рамочных или воротных считывателей, представляющих собой контроллер и несколько антенн, размещенных на раме для считывания меток с перемещающегося сквозь них багажа, например, по транспортерной ленте. Информация о считанной метке используется для управления системой автоматической сортировки багажа и направлении его на погрузку в нужный контейнер

В случае ручной или полуавтоматической сортировки быстрый вывод информации о назначении багажа на информирующие существенно повысить скорость и безошибочность сортировки.

- Погрузка багажа в контейнер.

Оборудование зоны погрузки багажа в контейнер, размещаемый на борту, считывателями RFID меток багажа дополняет систему безопасности еще одной возможностью проверить правильность сортировки багажа и отсутствие посторонних предметов.

- Поиск багажа отсутствующего пассажира.

Неявка на борт зарегистрированного пассажира, сдавшего багаж, и необходимость изъятия его багажа в обычных условиях приводит к значитель-ным потерям рабочего времени и нарушению расписания. Применение технологии RFID позволяет существенно сократить время, необходимое на решение данной проблемы.

Результат Автоматическая регистрация погружаемого в конкретный контейнер багажа (пометка контейнеров также может быть выполнена с помощью меток RFID) позволяет быстро выгрузить необходимый контейнер, а применение ручного автономного терминала-считывателя RFID – быстро отыскать необходимый багаж непосредственно в контейнере, без доставки его к зоне разгрузки.

- Выгрузка контейнера в пункте назначения и разгрузка багажа с сортировкой по карусельным транспортерам для выдачи пассажирам.

Скорость выполнения выгрузки багажа в пункте назначения и доставки его к пассажирам очень ощутима с точки зрения качества обслуживания. Применение RFID считывания меток позволяет решить проблему сортировки прибывающего багажа на определенные карусельные зоны выдачи наилучшим образом.

В перспективе возможны дополнительные интеллектуальные решения, улучшающие качество обслуживания за счет предварительного информирова-ния конкретного пассажира, например, с помощью SMS сообщения об ориентировочном времени ожидания появления его багажа в зоне выдачи на основе данных автоматической регистрации прохождения багажа.

- Контроль багажа пассажиров на выходе с целью предотвращения краж.

Багажная квитанция с неподделываемой радиочастотной меткой, содержащей данные о владельце багажа, позволит предотвратить кражи в зонах выдачи багажа пассажирам. Пассажир перед

выходом из зоны выдачи багажа подносит багажную квитанцию к считывателю пропускных ворот и тем самым сообщает системе о тех местах багажа, которые он имеет право вынести. Если в поле зрения пропускных ворот окажется багаж, не получивший разрешения на вынос – аппаратура подаст сигнал персоналу аэропорта.

ЛИТЕРАТУРА

[1] К.В.Маринцева Классификация средств механизации и автоматизации процессов обслуживания авиапассажиров / Электронная версия на web-сайте http: // https://cyberleninka.ru/article/n/klassifikatsiya-sredstv-mehanizatsii-iavtomatizatsii-protsessov-obsluzhivaniya-aviapassazhirov

[2] Инвестиции в IT готовят аэропорты к увеличению пассажиропотока / Электронная версия на web-сайте http: // http://www.sita.aero/ru/content/investitsii-v-itgotovyataeroporty-k-uvelicheniyu-passazhiropotoka

[3] Макарочкин И. Эффективность управления наземным обслуживанием в аэропортах // Журнал «Аэропорт-партнер» 05.02.2016 - Вып. №1 (109) – С. 9-10.

[4] Собкор. РИВЦ-ПУЛКОВО знакомит с АС КОБРА // Журнал «Аэропорт-партнер» 25.07.2012. – Вып. №5 – С. 31.

[5] Система контроля загрузки багажа IS-BRS / Электронная версия на web-сайте http: // https://initsys.ru/products/baggage_handling/brs/#content-tab-1-0-tab

[6] Аэропорт Алматы улучшает систему обработки багажа благодаря платформе Amadeus BRS / Электронная версия на web-сайте http: // https://www.aex.ru/news/2017/12/25/179433/

[7] Как в международном аэропорту Алматы минимизировать случаи потери багажа / Электронная версия на web-сайте http: // https://bnews.kz/ru/analysis/reviews/kak_v_mezhdunarodnom_aeroportu_almati_budut_minimizirovat_sluchai_poteri_bagazha

[8] Международный аэропорт Алматы намерен решить проблему утери багажа / Электронная версия на web-сайте http: // http://www.inform.kz/ru/mezhdunarodnyy-aeroport-almaty-nameren-reshit-problemu-uteri-bagazha_a3046541

[9] Н.Ш.Альжанова //Инвестиционное проектирование// Учебное пособие/ Алматы: 2004 – с. 90-105.

[10] Оценка инвестиционных проектов: методы, критерии и показатели эффективности и рисков / Электронная версия на web-сайте http: // https://www.kp.ru/guide/otsenka-investitsionnykh-proektov.html

[11] Оценка эффективности инвестиционных проектов / Электронная версия на web-сайте http: // https://kudainvestiruem.ru/proekt/ocenka-ehffektivnosti-investicionnyh-proektov.html

[12] Дасковский В. Б., Киселёв В. Б. Совершенствование оценки эффективности инвестиций / В. Б. Дасковский, В. Б. Киселев // Экономист. — 2009. — № 1.

[13] Басовский Л.Е., Басовская Е.Н.// Экономическая оценка инвестиций // Учебное пособие/ Москва: 2007 – с.207.

[14] Инвестиционная деятельность и оценка ее эффективности / Электронная версия на web-сайте http: // http://mydocx.ru/11-66001.html

[15] Инвестиционная эффективность / Электронная версия на web-сайте http: // http://center-yf.ru/data/ip/investicionnaya-effektivnost.php

Асильбекова И.Ж., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.

Авиациядағы IT-технологиялар

Түйіндеме: Авиациядағы ақпараттық технологияны дамытудың негізгі қозғалтқыштарының бірі - бұл бәсекелестік. Барлық авиакомпаниялардың көлік қызметтері бірдей немесе аз, ал сонымен бірге жолаушыларға ыңғайлылықты арттыратын жаңа қызметтерді енгізу ақпараттық технологияларды қолдануға негізделген.

Түйінді сөздер: багаж,аэропорт,компания акпаратык технологиясы.

УДК 656.7

Z.E. Konakbay, Asilbekova I.Kalieva,A.Abgapbarova
(Academy of Civil Aviation ,Almaty, Kazakhstan.
E-mail: konakbay.zarina@mail.ru)

RISKS IN LOGISTICS AND WAYS TO MINIMIZE THEM

Annotation: In modern conditions of development of the logistics system, characterized by political economic and social instability, the existing management system in the company should include a mechanism for managing logistics risks.

Key words: risk in logistics, logistics, consumer, companies.

И.Ж. Асильбекова, К. Калиева, З.Е. Конакбай, А. Абжапбарова
(Академия гражданской авиации, Алматы, Республика Казахстан,
E-mail: -konakbay.zarina@mail.ru)

РИСКИ В ЛОГИСТИКЕ И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ

Аннотация: В современных условиях развития логистической системы, характеризующихся политической экономической и социальной нестабильностью, существующая система управления в компании должна включать механизм управления логистическими рисками.

Ключевые слова: риск в логистике, логистика, потребители, компания, цепь поставки.

Введение. Одной из основных причин неэффективного управления рисками является отсутствие ясных и четких методологических основ этого процесса. Анализ приводимых в литературе принципов управления рисками показывает их разрозненность, а отдельным попыткам их систематизации присуще множество спорных моментов. Тем не менее, анализ исследований в области методологии управления рисками с учетом требований современной логистики позволяет сформировать систему принципов управления рисками:

- решение, связанное с риском, должно быть экономически грамотным и не должно оказывать негативного воздействия на результаты логистической деятельности транспортной компании;
- управление рисками должно осуществляться в рамках корпоративной стратегии организации;
- управление рисками принимаемые решения должны базироваться на необходимом объеме достоверной информации;
- при управлении рисками принимаемые решения должны учитывать объективные характеристики среды, в которойкомпания осуществляет свою деятельность;
- управление рисками должно носить системный характер;
- управление рисками должно предполагать текущий анализ эффективности принятых решений и оперативную корректуру набора используемых принципов и методов управления рисками.

Сущность каждого этапа управления рисками предполагает применение различных методов.

Весь процесс управления рисками можно отобразить следующим образом:

1.Постановка целей управления рисками;

2.Анализ риска;

3.Качественный анализ

4.Количественный анализ;

5.Выбор методов воздействия на риск;

6.Анализ эффективности принятых решений и корректура целей управления рисками, и к началу.

Методы. Этап постановки целей управления рисками характеризуется использованием методов анализа и прогнозирования экономической конъюнктуры, выявления возможностей и потребностей предприятия в рамках стратегии и текущих планов его развития.

На этапе анализа риска используются методы качественного и количественного анализа: методы сбора имеющейся и новой информации, моделирования деятельности компании, статистические и вероятностные методы и т. п.

На третьем этапе производится сопоставление эффективности различных методов воздействия на риск: избежание риска, снижения риска, принятия риска на себя, передачи части или всего риска третьим лицам, которое завершается выработкой решения о выборе их оптимального набора.

На завершающем этапе управления рисками выбранных методов воздействия на риск. Результатом данного этапа должно стать новое знание о риске, позволяющее, при необходимости, откорректировать ранее поставленные цели управления риском.

Таким образом, на каждом из этапов используются свои методы управления рисками. Результаты каждого этапа становятся исходными данными для последующих этапов, образуя систему принятия решений с обратной связью. Такая система обеспечивает максимально эффективное достижение целей, поскольку знание, получаемое на каждом из этапов, позволяет корректировать не только методы воздействия на риск, но и сами цели управления рисками.

Базовым этапом, позволяющим сформировать дальнейшую стратегию управления рисками является этап анализа риска.

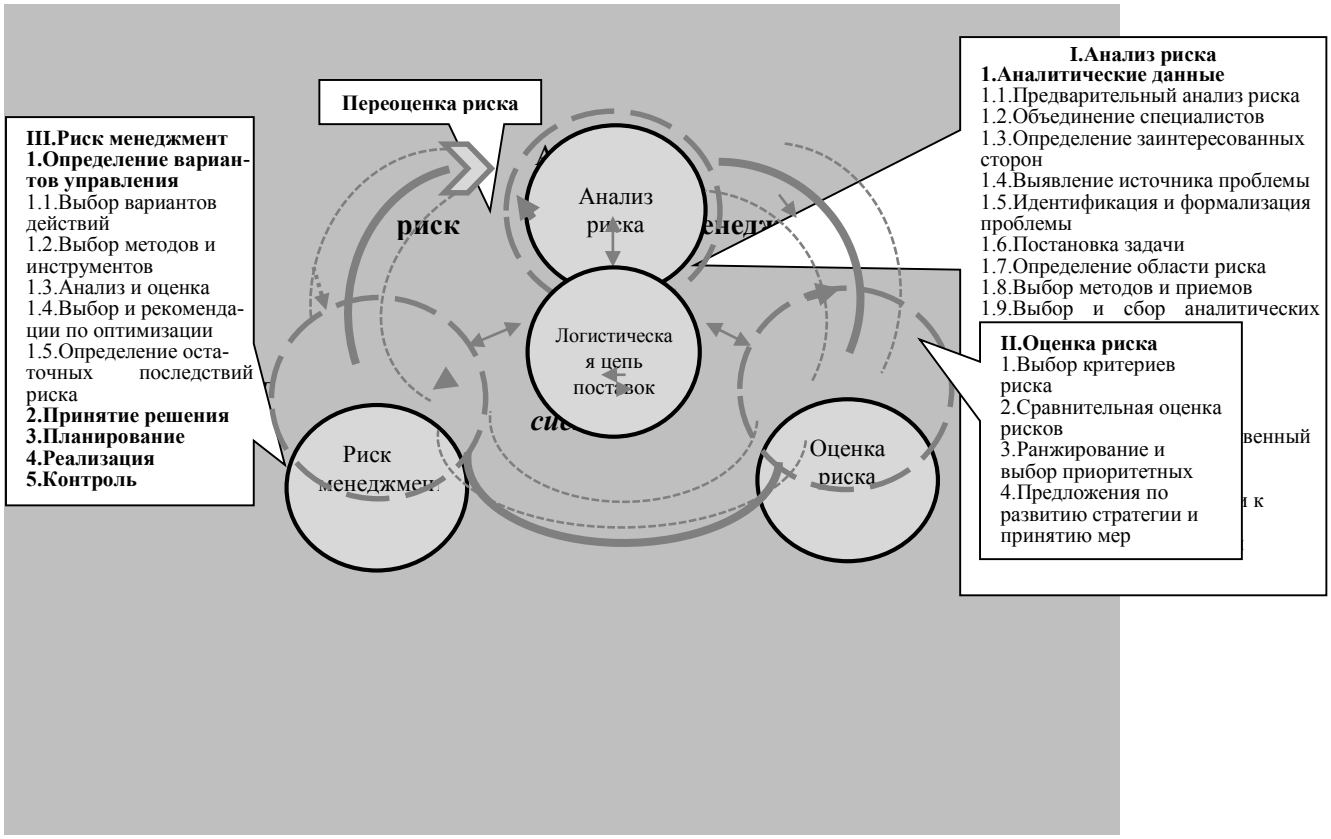


Рис. 1. Модель системы управления логистическими рисками

Задачей качественного анализа риска является выявление источников и причин риска, этапов и работ, при выполнении которых возникает риск, то есть:

- определение потенциальных зон риска;

-выявление рисков, сопутствующих деятельности компании;

Прогнозирование практических выгод и возможных негативных последствий проявления выявленных рисков.

Методы качественного анализа можно разделить на четыре группы:

1. Методы, базирующиеся на анализе имеющейся информации;
2. Методы сбора новой информации;
3. Методы моделирования деятельности организации;
4. Эвристические методы качественного анализа;

Итоговые результаты качественного анализа риска, в свою очередь, служат исходной информацией для проведения количественного анализа. На этапе количественного анализа риска вычисляются числовые значения вероятности наступления рисковых событий и объема вызванного ими ущерба или выгоды. Рассматривая всю совокупность методов количественного анализа рисков, можно сказать, что применение конкретного метода зависит от множества факторов:

- для каждого типа анализируемого риска существуют свои методы анализа и конкретные особенности их реализации. Например, при анализе технико-производственных рисков, связанных с отказом оборудования наибольшее распространение получили методы построения деревьев;

- для анализа рисков существенную роль играет объем и качество исходных данных. Так, если имеется значительная база данных по динамике, возможно применение методов имитационного моделирования и нейронных сетей. В противном случае вероятнее всего применение экспертных методов или методов нечеткой логики; при анализе рисков принципиально важно учитывать динамику показателей, влияющих на уровень риска. В случае анализа рисков на рынках в состоянии шока ряд методов попросту неприменим;

- при выборе методов анализа следует принимать во внимание не только глубину расчетных данных, но и горизонт прогнозирования показателей, влияющих на уровень риска; большое значение имеет срочность и технические возможности проведения анализа.

Все вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что для эффективного анализа всего многообразия рисков в деятельности транспортной компании необходимо применять целый комплекс методов, что, в свою очередь, подтверждает актуальность разработки комплексного механизма управления рисками.

Важным признаком транспортно-логистических рисков предлагается считать «логистическую» спецификацию рисков, то есть принадлежность их к конкретным видам потоков, посредством которых устанавливаются и реализуются связи в системе. Причем, основными составляющими морских логистических цепей поставок будут являться каналы торговли, поставок, логистики и соответствующие им информационные, финансовые и грузопотоки (рис.2).

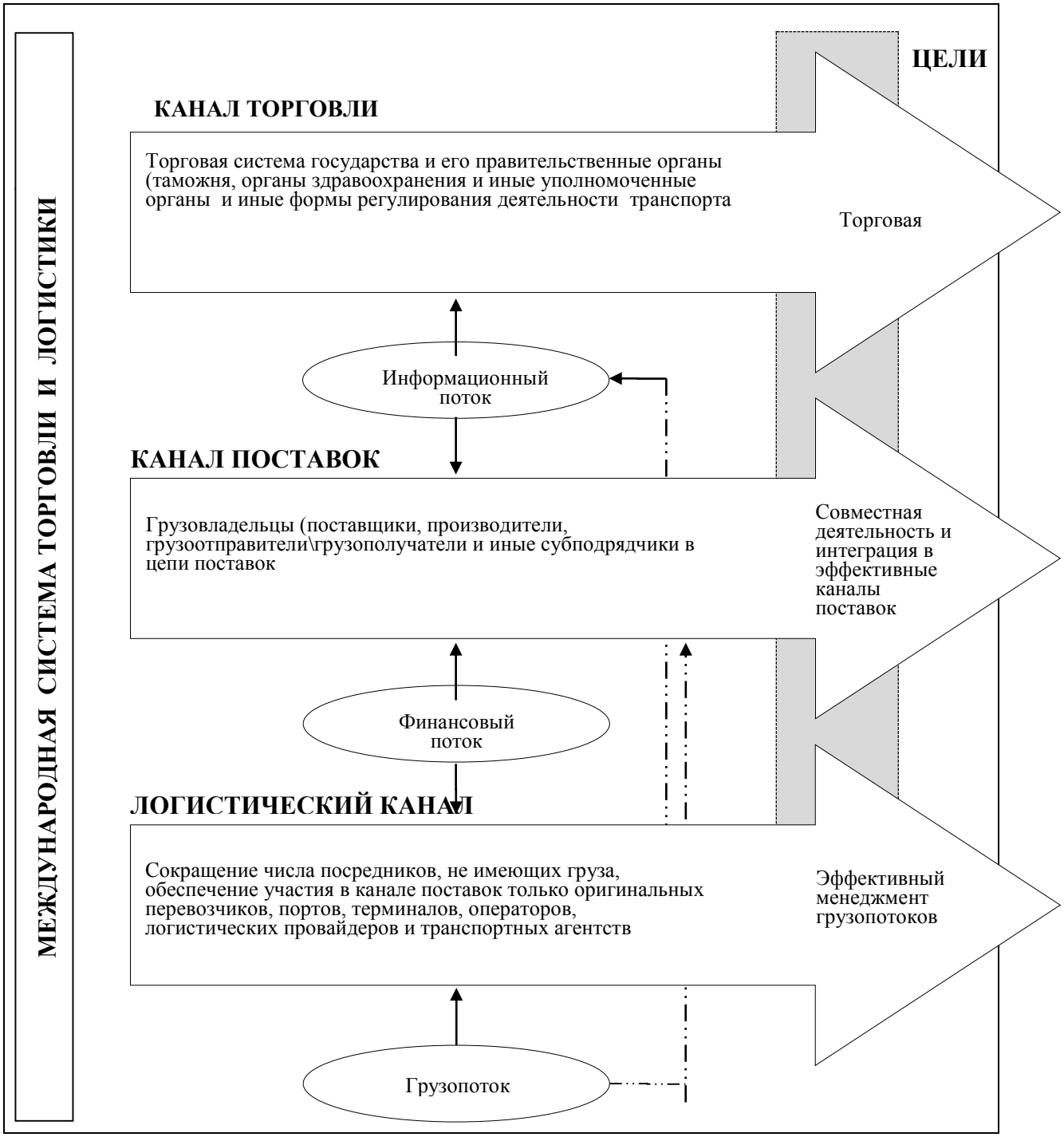


Рис. 2. Основные составляющие цепей транспортировки груза

В настоящее время наблюдается интенсивное развитие общей теории рисков и безопасности. Проведя всесторонне исследование логистических рисков по различным общетеоретическим критериям и подходам, делается вывод, что транспортно-логистические риски в сфере перевозок грузов представляют собой совокупность условий и факторов, создающих реальную и потенциальную опасность (вызов, риск) логистической цепи поставок грузов (товаров). К сожалению, сейчас практическая деятельность по выявлению, идентификации и оценке рисков не получила должного распространения. Вместе с тем, управление рисками, их минимизация может быть обеспечено на основе логистических подходов, которые позволяют снизить опасность выбора ошибочного решения в момент его принятия, и уменьшить возможные негативные последствия принятия решений на стадии их реализации.

В современных условиях развития логистической системы, характеризующихся политической экономической и социальной нестабильностью существующая в компании система управления должна включать механизм управления логистическими рисками.

Первым этапом формирования механизма управления риском в транспортной организации является создание службы риск менеджмента. На сегодняшнем этапе развития казахстанской экономики целью этой службы является минимизация потерь посредством мониторинга деятельности предприятия, анализа всего комплекса , выработки рекомендаций по снижению рисков и контроля за их выполнением.

Источниками информации, предназначенной для анализа риска являются:

- бухгалтерская отчетность компании. Данные документы (баланс, отчет о прибыли и убытках, о движении денежных средств и т. д.) в сжатой форме содержат всю официальную информацию о компании — состояние основных фондов, уровень запасов материалов и готовой продукции, величину дебиторской и кредиторской задолженностей, финансовые результаты деятельности предприятия и пр. Анализ бухгалтерской отчетности предприятия позволит выявить значительную долю деловых, кредитных, организационных рисков;

- организационная структура и штатное расписание предприятия (анализ данной информации позволяет выявлять организационные риски);

- карты технологических потоков (технико-производственные риски);

- договоры и контракты (деловые и юридические риски);

- себестоимость производства продукции. Ее анализ позволяет выявить подавляющее большинство и определить денежное выражение потерь из-за возникновения рисковых ситуации;

- финансово-производственные планы предприятия. Полнота их выполнения дает возможность комплексно оценить устойчивость предприятия ко всей совокупности рисков.

По завершении сбора информации, предназначенной для анализа рисков, служба риск менеджмента получит возможность реально оценить динамику показателей деятельности предприятия с учетом воздействий внешних и внутренних социально-экономических и политических факторов, что позволит всесторонне и профессионально спрогнозировать будущее состояние рыночной конъюнктуры и реально оценить возможные риски.

Логическим продолжением работы службы риск менеджмента должно стать формирование программы мероприятий по управлению логистическими рисками, при разработке, которой должно быть учтено следующее:

- размер возможного ущерба и его вероятность в логистическом процессе;

- существующие механизмы снижения риска, предлагаемые государством и их производственно-экономическая эффективность;

- производственно-экономическая эффективность предлагаемых службой мероприятий по снижению рисков;

- практическая возможность реализации мероприятий в рамках выделенного лимита средств;

- соответствие мероприятий программы существующим нормативным актам, целям долгосрочного и краткосрочного планирования развития компании и основным направлениям его политики в логистике;

- субъективное отношение к риску разработчиков программы и руководства предприятия.

При разработке программы мероприятий по управлению рисками специалистам службы риск менеджмента следует ориентироваться на максимальную унификацию формируемых оценок уровня риска, что выражается в формировании универсальных параметров, характеризующих объем возможного ущерба, В качестве таких параметров наиболее целесообразно использовать воздействия рисков на финансовые потоки и финансовое состояние компании.

Завершающим этапом разработки программы является формирование комплекса мероприятий по снижению рисков, с указанием планируемого эффекта от их реализации, сроков внедрения, источников финансирования и лиц, ответственных за выполнение данной программы. Программа обязательно должна бытъ утверждена руководством компании и учтена, при финансово-производственном планировании.

При этом рекомендуется аккумулировать всю информацию об ошибках и недостатках разработки программы, проявившихся в ходе ее реализации. Такой подход позволит провести разработку последующих программ мероприятий по снижению рисков на более качественном уровне с использованием новых полученных знаний о риске.

Все вышеизложенное позволяет сделать вывод о том, что механизм управления рисками транспортной компании в современных условиях логистики должен иметь четкую иерархическую структуру с необходимостью ее корректировки по итогам реализации программы мероприятий по снижению рисков и с учетом изменяющихся факторов воздействия.

На основе проведенного анализа разработок исследователей в области риск-менеджмента предлагается алгоритм внедрения системы управления рисками в логистике, который включает пять этапов, необходимых для функционирования системы эффективного управления рисками. Следует отметить, что эти пять этапов являются взаимозависимыми, т.е. результаты, полученные на одном из этапов, могут привести к необходимости корректировки последующих этапов.

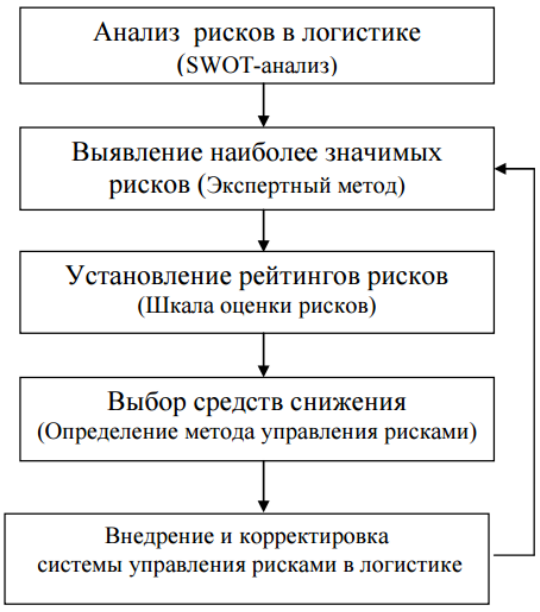
Первым этапом алгоритма внедрения системы управления рисками в логистике является анализ рисков с помощью SWOT-анализа. На данном этапе происходят выявление рисков, их специфика, выделение особенностей их реализации, включая изучение размера экономического ущерба, а также изменение рисков во времени, степень взаимосвязи между ними и изучение факторов, влияющих на них.

Вторым этапом является выявление наиболее значимых рисков с помощью экспертного метода менеджерами-логистами путем ранжирования рисков, упорядочения оцениваемых объектов исследования в порядке возрастания или убывания их качеств на основании специальных документов.

Третий этап – установление рейтингов рисков с помощью шкалы оценки рисков.

Четвертым этапом алгоритма является выбор средств снижения с помощью разработанной модели определения методов управления рисками. На данном этапе существенный аспект принятия решений о выборе средств снижения состоит в том, что согласно принципу результативности системы управления рисками соответствующие инструменты должны применяться не для любых рисков, а, в первую очередь, в отношении тех, негативные последствия которых приводят к наиболее заметному влиянию на деятельность предприятия.

Последний этап – внедрение и корректировка внедрения системы управления рисками, который обеспечивает обратную связь в исследуемой системе. Это очень важный этап, так как именно он обеспечивает гибкость и адаптивность управления рисками, а также устойчивость системы управления рисками в логистике.



Итак, алгоритм внедрения системы управления рисками в логистике на предприятиях в современных условиях хозяйствования должен иметь четкую иерархическую структуру с необходимостью ее корректировки по итогам реализации программы мероприятий по снижению рисков и с учетом изменяющихся факторов воздействия. Внедрение предложенного алгоритма позволит предприятию оптимизировать систему общего корпоративного управления логистическими процессами (Рис.3)

Рис. 3. Алгоритм внедрения системы управления рисками в логистике

В риск-менеджменте используются, как правило, четыре основных метода управления риском: устранение, предотвращение риска; уменьшение неблагоприятного влияния факторов на деятельность предприятия; передача риска; а также перераспределение риска. Можно выделить следующие виды перераспределения рисков:

−управление рисками на основе перераспределения доли участия топ-логистов в предложении бизнеса;

−управление рисками за счет привлечения партнеров в формате концепции чистых рисков;

−управление рисками на основе диверсификации;

−управление рисками на основе страхования.

Результат Специализированные страховые компании, являются самостоятельными субъектами рынка. Вместе с тем, выполняя свои задачи, они становятся частью институциональных логистических инфраструктур. Согласно договору страхования, страхователь уплачивает так называемые страховые премии страховщику, а последний возмещает ущерб, в случае наступления страхового случая. Следует иметь в виду, что никакое страховое возмещение не в состоянии полностью возместить ущерб, обусловленный тем или иным риском, т.к. кроме прямого, неизбежен и косвенный ущерб. Страхового возмещения оказывается недостаточно для полной ликвидации ущерба. Поэтому задача логистов состоит в недопущении наступления страхового случая. Таким образом, в системе страхования, целью которого является обеспечение высокой надежности функционирования логистической системы, центральное место занимает управление.

Риск-инструментарий включает также политические, организационные, правовые, экономические, социальные инструменты, и риск-менеджмент, как система, допускает возможность одновременного применения нескольких методов и инструментов риск управления.

Управление рисками в логистике – сложная многоаспектная задача. В процессе разработки и реализации комплексной системы мероприятий важным шагом является создание на предприятии организационной структуры управления рисками в логистике, а также урегулирование процесса заключения соглашений существенно содействует снижению уровня риска взаимодействия с контрагентами. В первую очередь, при заключении любого договора риск-менеджеру необходимо проверить потенциального партнера или поставщика путем досконального мониторинга из различных источников.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Актонян, Л. Роль и место риск-менеджмента в управлении компанией / Л. Актонян // Общество и экономика. – 2008. - №2. – С. 100-114

[2] Батурина, Н.А. Риски как элемент антикризисного управления: обоснование процессов исследования. / Н.А. Батурина // Справочник экономиста. – 2009. - №7. – С.22-28

[3] 3.Бланк, И.А. Управление финансовыми рисками / И.А. Бланк. – К.: Ника-Центр, 2006. – 600 с.

[4] 4.Вишняков, Л.Д. Анализ методических и практических подходов к управлению финансовыми рисками промышленного предприятия / Л.Д. Вишняков., В.А. Колосов, В.М. Шемянин. // Менеджмент в России и зарубежом. – 2008. - №3., с.4-8

[5] 5.Гренев, Н.Н. Управление финансами / Н.Н. Гренев // Финансы и статистка. – 2009. – 496 с.

[6] 6.Гренев, Н.Н. Управление финансами / Н.Н. Гренев. – М.: Финансы и статистика. 2009. – 496 с.: ил.

[7] 7.Гульченко, А.С. Управление рисками: проблемы перестрахования российских рисков за рубежом / А.С. Гульченко, Д.Б. Сухоруков // Финансы. – 2007. – № 2. – С. 32-34

[8] 8.Капустина, Н.В. Новая методика оценки рисков деятельности предприятия / Н.В. Капустина // Менеджмент в России и зарубежом. – 2008. - №4. – С. 99-101

[9] 9.Кинев, Ю.Ю. Оценка рисков финансово-хозяйственной деятельности на этапе принятия управленческого решения [Электронный ресурс] / Ю.Ю. Кинев. – Режим доступа: http://www.cfin.ru/press/management/2000-5/06.shtml, свободный

Асильбекова И.Ж., Калиева К., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.

Логистикадағы тәуекелдер және оларды азайту жолдары

Түйіндеме: Саяси экономикалық және әлеуметтік тұрақсыздықпен сипатталатын логистикалық жүйенің дамуының қазіргі жағдайында компаниядағы қолданыстағы басқару жүйесіне логистикалық тәуекелдерді басқару тетігі енуі керек.

Түйінді сөздер: логистика, тұтынушы, компаниялардағы тәуекел.

D.Sh. Akhmedov, N.B. Bogyspayev, A.S. Raskaliyev, A.T. Murzaliyev, I.V. Meleshkina
Institute of Space Technique and Technology, Almaty, Kazakhstan
E-mail: lacp@mail.ru, nurlanbsv@mail.ru, raskaliyev@mail.ru, almas8891@gmail.com, m-irina-1205@mail.ru)

DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR A PROTOTYPE NAVIGATION SYSTEM BASED ON LOOSELY COUPLED INTEGRATION OF SATELLITE-INERTIAL MEASUREMENTS USING ORTHOGONAL UD KALMAN FILTER

Abstract. The article discusses the concept and results of developing requirements for a prototype navigation system that uses a discrete Kalman filter for loosely coupled integration of satellite-inertial measurements. The development of these requirements was carried out as part of a research project to develop an experimental prototype of a hybrid inertial-satellite navigation system using the orthogonal UD Kalman filter. These requirements are included in the technical specifications for the development of a prototype of a hybrid inertial-satellite navigation system using the orthogonal UD Kalman filter and comply with the standards of the Unified Design Documentation System (UDDS).

Keywords: orthogonal UD Kalman filter, prototype, satellite-inertial navigation system, GNSS, inertial navigation system.

УДК 621.3.088.7

Д.Ш. Ахмедов, Н.Б. Богуспаев, А.С. Раскалиев, А.Т. Мурзалиев, И.В. Мелешкина
(Институт космической техники и технологий, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: lacp@mail.ru, nurlanbsv@mail.ru, raskaliyev@mail.ru, almas8891@gmail.com, m-irina-1205@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К МАКЕТНОМУ ОБРАЗЦУ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СЛАБОСВЯЗАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ СПУТНИКОВО-ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОГОНАЛЬНОГО UD-ФИЛЬТРА КАЛМАНА

Аннотация. В статье рассмотрены концепция и результаты разработки требований к макетному образцу навигационный системы, в которой используется дискретный фильтр Калмана для слабосвязанной интеграции спутниково-инерциальных измерений. Разработка данных требований выполнялась в рамках научно-исследовательского проекта по разработке экспериментального образца гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана. Данные требования включены в техническое задание на разработку макетного образца гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана и соответствуют стандартам Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Ключевые слова: ортогональный UD-фильтр Калмана, макетный образец, спутниково-инерциальная навигационная система, ГНСС, инерциальная навигационная система.

1 Введение

В ходе разработки требований к макетному образцу гибридной инерциально-спутниковой навигационной системы (ГИСНС) использованы эмпирические методы, основанные на детальном изучении потенциальных комплектующих макетного образца на основе существующих доступных источников научно-технической информации. В ходе проведения сравнительного анализа потенциальных комплектующих макетного образца применялись математические и статистические методы обработки данных, методы имитационного моделирования. Также проводились испытания потенциальных комплектующих макетного образца, направленные на проверку правильности выработанных технических требований. Процесс исследований направлен на разработку технического задания на разработку макетного образца, оптимального в плане технической реализации и показателей эффективности и стоимости.

Макетный образец ГИСНС является автоматизированной системой обработки информации. Объектом автоматизации является процесс совместной обработки измерений с двух навигационных датчиков, приемника глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) и модуля инерциальной навигационной системы (ИНС).

Назначение системы – обеспечение точной, гибкой, эффективной навигацией и позиционированием автономных и подвижных объектов с помощью совместной обработки (комплексирования) измерений приемника ГНСС и модуля ИНС.

Цели создания системы:

- проведение испытаний алгоритма ортогонального UD-фильтра Калмана, реализованного для работы на микроконтроллере подвижного объекта;
- проведение испытаний алгоритма ортогонального UD-фильтра Калмана при использовании в качестве входных данных одновременно записанных спутниковых навигационных и инерциальных измерений;
- проведение проектной работы по доработке решений, реализованных в макетном образце ГИСНС с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана, которая предшествует созданию соответствующего экспериментального образца ГИСНС.

Результаты работы макетного образца ГИСНС с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана должны быть лучше результатов работы макетного образца ГИСНС с использованием стандартного фильтра Калмана, по крайней мере, по двум характеристикам: по точности выходных измерений и времени работы программы, реализующей фильтр Калмана [1].

2 **Методы и концепция разработки требований к макетному образцу**

Технические требования к макетному образцу ГИСНС разрабатывались в соответствии с рекомендациями:

1) ГОСТ 34.602-89. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

2) СТ РК 34.015-2002. Информационная технология. Комплекс стандартов на автоматизированные системы. Техническое задание на создание автоматизированной системы;

3) ГОСТ 19.201-78. Государственный стандарт Союза ССР. Единая система программной документации. Техническое задание. Требования к содержанию и оформлению.

В разрабатываемом макетном образце ГИСНС в качестве основных элементов выступают бесплатформенная инерциальная навигационная система (БИНС) и спутниковая радионавигационная система (СРНС). БИНС исполняет роль основной нерадиотехнической системы, в ней одним из недостатков является увеличение погрешностей при определении необходимых параметров с течением времени [2]. СРНС используется как для самостоятельной работы навигационной системы, так и для коррекции данных от БИНС [3].

В современных условиях одним из требований к навигационным системам является возможность приспособления системы к изменяющимся условиям окружающей среды и обеспечение потребителя необходимой навигационной информацией ([4–7]). Условия функционирования навигационной системы могут изменяться:

- из-за выхода из строя (отказа) какого-либо элемента (радиотехнические и нерадиотехнические измерители) [8];
- из-за кратковременного пропадания сигнала на выходе того или иного элемента – переход в состояние временного отказа (свойственно только для радиотехнических измерителей, связано с изменением внешних условий). Кратковременный отказ характерен для среднеорбитальных спутниковых радионавигационных систем ГЛОНАСС и NAVSTAR (Navstar – Navigational Satellite Time and Ranging – навигационный спутник измерения времени и координат) или по ее фактическому назначению GPS используемых на сегодняшний день практически во всех навигационных системах [9–10].
- наличием различного рода помех (искусственные и естественные) [11–12].

Для осуществления данного направления используется:

- введение в комплекс резервных элементов. В случае отказа какого-либо элемента требуется такое изменение структуры элементов и связей, которое обеспечило бы минимальное снижение эффективности комплекса [13–14];
- применение программной реконфигурации комплекса. При выходе из строя части элементов комплекс продолжает работать менее эффективно без использования дублирующих элементов благодаря некоторому расширению возможностей элементов за счет расширения функций программного обеспечения. При этом наиболее целесообразно применение информационной избыточности (множество алгоритмов и выполняющих их программ для решения одной задачи) [15–16].

Далее необходимо проанализировать существующие методы контроля технического состояния навигационных систем и методы перенастройки их информационной части для определения их соответствия данным требованиям с указанием недостатков и выбором подходящего метода.

3 **Результаты разработки требований к макетному образцу**

3.1 Краткое описание макетного образца

Макетный образец ГИСНС ***с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана является*** автоматизированной информационной системой (АИС), которая предназначена для автоматизированной обработки навигационных параметров для расчета местоположения, линейной скорости и пространственной ориентации различных объектов.

3.2 Сведения о достоинствах и недостатках макетного образца

Автоматизированная система представляет собой вариант интеграции ИНС со спутниковой навигационной системой с использованием определенного математического аппарата обработки совместных измерений обеих систем, а именно Калмановской фильтрацией. Причем, макетный образец является интегрированной системой с использованием ортогонального UD-фильтра Калмана, который имеет ряд преимуществ перед другими математическими фильтрами. UD-алгоритмы в последовательной и матричной ортогонализованной формах являются эффективными в вычислительном плане реализациями дискретного фильтра Калмана. Преимущества UD-фильтра Калмана:

- устойчивость по отношению к ошибкам машинного округления;
- отсутствие операции извлечения квадратного корня;
- избавление от операции матричного обращения на каждой итерации алгоритма;
- компактность и удобство записи ортогонализованной формы UD-фильтра.

3.3 Описание макетного образца как объекта управления

Для упрощения реализации, макетный образец производит совместную обработку измерений с датчиков после записи наблюдаемых параметров в файлы, как это показано на рисунке 1.

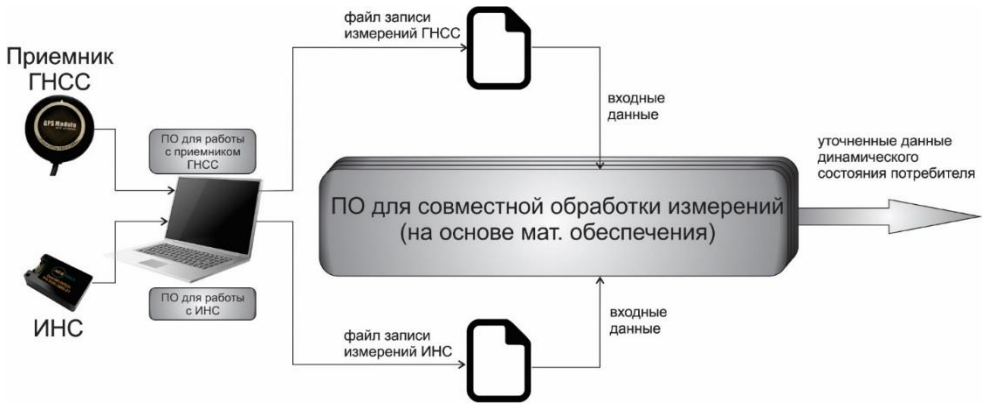


Рис. 1. Структура обработки данных в макетном образце ГИСНС

3.4 Описание предлагаемой структуры макетного образца

Как видно из рисунка, макетный образец ГИСНС должен состоять из 6 основных элементов:

1. приемник ГНСС;
2. модуль ИНС;
3. переносная ЭВМ (ноутбук);
4. ПО на ноутбуке для записи и сохранения выходных измерений с приемника ГНСС;
5. ПО на ноутбуке для записи и сохранения выходных измерений с модуля ИНС;
6. ПО на ноутбуке для совместной обработки измерений ГНСС и ИНС с помощью одного из дискретных фильтров Калмана.

Макетный образец ГИСНС должен работать следующим образом: автоматизированная информационная система выносится в точку с открытым видом на небосвод для увеличения радионавигационной прямой видимости спутников созвездий ГНСС. Далее производятся одновременные измерения навигационных параметров с помощью приемника ГНСС и ИНС. При этом, измеренные значения записываются через соответствующие ПО, установленные на ноутбуке, в файлы записи измерений ГНСС и ИНС. После завершения измерений, данные файлы экспортируются в ПО для совместной обработки измерений, которое реализовано на основе ортогонального UD-фильтра Калмана. Результатом выполнения данного ПО являются уточненные данные динамического состояния потребителя.

3.5 Сведения об условиях эксплуатации макетного образца и характеристиках окружающей среды

Для штатного функционирования макетного образца ГИСНС необходимо обеспечить открытый обзор небосвода для антенны ГНСС и проведение записи одновременных измерений приемником ГНСС и модулем ИНС.

4 **Обсуждение разработанных требований к макетному образцу**

4.1 Требования к структуре и функционированию системы

Макетный образец ГИСНС должен обеспечивать решение следующих задач:

- прием радиосигналов с правосторонней круговой поляризацией на частоте L1 от всех находящихся в зоне видимости навигационных космических аппаратов (НКА) глобальных навигационных спутниковых систем GPS/NAVSTAR и ГЛОНАСС или BEIDOU (C/A – код);
- измерение псевдодальностей по коду несущей по всем принимаемым сигналам НКА ГНСС GPS/NAVSTAR и ГЛОНАСС или BEIDOU;
- контроль уровня принимаемых сигналов в измерительных (навигационных) каналах;
- определение параметров динамического состояния макетного образца ГИСНС по акселерометрам и гироскопам, составляющих модуль ИНС, а также по приемнику ГНСС;
- совместная обработка измерений приемника ГНСС и модуля ИНС с помощью математического обеспечения на основе ортогонального UD-фильтра Калмана.

4.2 Макетный образец ГИСНС должен обеспечивать выполнение своих функций совместно с установленным на переносной ЭВМ программным обеспечением (ПО), которое является необходимой составляющей для функционирования макетного образца ГИСНС.

Работа финансируется в рамках целевой программы BR05336383 Аэрокосмического комитета Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан (АКК МЦРИОАП РК).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Цыганова Ю. В. О методах реализации UD-фильтра / Ю. В. Цыганова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Физико-математические науки. – 2013. – № 3 (27). – С. 84–104.

[2] Farrell J. A. GPS/INS-Streamlined // Navigation. – 2002. – Vol. 49. – № 4. – P. 171-182.

[3] Иванов А. В. Совместная обработка информации спутниковых радионавигационных систем и наземных сетевых систем в навигационных системах подвижных наземных объектов / А. В. Иванов, А. В. Гостев, А. А. Семенов, Л. В. Соколовская // Радиотехника. – 2012. – № 4. – С. 16-19.

[4] Titterton D. H., Weston J. L. Strapdown Inertial Navigation Technology. Second edition. – Stevenage: The Institution of Electrical Engineers. – 2004.

[5] Иванов А. В. Комплексные оптимальные алгоритмы обработки информации в навигационных системах подвижных наземных объектов с контролем целостности навигационного обеспечения / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2010. – № 12.

[6] Иванов А. В. Автономные системы контроля целостности навигационных данных спутниковых радионавигационных систем / А. В. Иванов // Радиотехника. – 2014. – № 7. – С. 55-64.

[7] Qi H., Moore J. B. Direct Kalman Filtering Approach for GPS/INS Integration // IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems. – 2002. – Vol. 38. – P. 687-693.

[8] Gustafson D. et al. A Deeply Integrated Adaptive GPS-based Navigator with Extended Range Code Tracking // IEEE PLANS, 13-16 March, 2000. – P. 118-124.

[9] Abuhadrous I., Nashashibi F., Laurgeau C. 3D Land Vehicle Localization: A Real-time Multi-Sensor Data Fusion Approach using RTMAPSI // International Conference on Advanced Robotics. – Coimbra, Portugal, 2003.

[10] Groves P. D., Long D. C. Combating GNSS Interference with Advanced Inertial Integration // Journal of Navigation. – 2005. – Vol. 58. – № 3. – P. 419-432.

[11] Степанов О. А. Интегрированные инерциально-спутниковые системы навигации // Гироскопия и навигация. – 2002. – № 1(36). – С. 23-46.

[12] Grewal M. S., Weill L. R., Andrews A. P. Global Positioning Systems, Inertial Navigation, and Integration. – New-York: John Wiley & Sons, Inc, 2001. – 392 p.

[13] Распопов В. Я. Микромеханические приборы. – М.: Машиностроение, 2007. – 399 с.

[14] George T. Schmidt. INS/GPS Technology Trends / The Charles stark Draper laboratory, Inc. // Доклад, прочитанный в ЦНИИ «Электроприбор» (С.Петербург) 27, 28 мая 2014 г.

[15] Кузнецов А. Г., Портнов Б. И., Измайлов Е. А. Современные бесплатформенные инерциальные навигационные системы двух классов точности. // Труды Московского института электроники и автоматики. Навигация и управление летательными аппаратами. – 2014. – № 8. – С. 24-32.

[16] Веремеенко К. К., Кошелев Б. В., Соловьев Ю. А. Анализ состояния разработок интегрированных инерциально-спутниковых навигационных систем // Новости навигации. – 2010. – № 4. – С. 32-41.

Ахмедов Д.Ш., Богуспаев Н.Б., Раскалиев А.С., Мурзалиев А.Т., Мелешкина И.В.

Калманның ортогональды UD-сүзгісін қолдана отырып, жерсеріктік-инерциялды өлшеулердің әлсіз байланысқан біріктіруі негізінде навигациялық жүйесінің макеттік үлгісіне қойылатын талаптарды әзірлеу

Түйіндеме. Мақалада жерсеріктік-инерциялды өлшеулердің әлсіз байланысқан біріктіруіне дискретті Калманның сүзгісі қолданылған навигациялық жүйесінің макеттік үлгісіне қойылатын талаптарды әзірлеудің тұжырымдамасы мен нәтижелері талқыланады. Бұл талаптарды әзірлеу Калманның ортогональды UD-сүзгісін қолдана отырып, гибридтік жерсеріктік-инерциялды навигациялық жүйесінің сынақ үлгісін әзірлеу жөніндегі ғылыми-зерттеу жобасы аясында жүзеге асырылды. Бұл талаптар Калманның ортогональды UD-сүзгісін қолдана отырып, гибридтік жерсеріктік-инерциялды навигациялық жүйесінің макеттік үлгісін әзірлеуге арналған техникалық тапсырмаға қосылған және Жобалау құжаттамасының бірыңғай жүйесінің (ЖҚБЖ) стандарттарына сәйкес келеді.

Түйінді сөздер: Калманның ортогональды UD-сүзгісі, макеттік үлгісі, жерсеріктік-инерциялды навигациялық жүйесі, ғаламдық навигациялық жерсеріктік жүйесі (ҒНЖЖ), инерциялды навигациялық жүйесі.

ГРНТИ 52.01

N.A. Baikenov, M.R. Yeminalinova, D.B. Zhaniyenov, A.K. Mukanova, A.Zh. Nurmaganbetov

MODELS OF PRE-PRODUCTION IN A MARKET ECONOMY AND MEASURES TO IMPROVE THEM

Abstract: The article deals with topical issues of ensuring continuous technical progress at enterprises and creating conditions for improving economic indicators. In the conditions of a market economy, solutions for the preparation of oil and gas wells and measures for their improvement are indicated.

Key words: technical progress, market economy in enterprises, oil and gas wells.

Н.А. Байкенов, М.Р. Еминалинова, Д.Б. Жаниенов, А.К. Муканова, А.Ж. Нұрмағанбетов

ӨНДІРІСТІ НАРЫҚТЫҚ ЭКОНОМИКА ЖАҒДАЙЫНДА ДАЙЫНДАУ МОДЕЛЬДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖЕТІЛДІРУ ШАРАЛАРЫ

(Ш.Уәлиханов атындағы Көкшетау мемлекеттік университеті, Көкшетау, Қазақстан Республикасы,
E-mail: madina0794e@gmail.com, zh_didar207@mail.ru, askar_78@list.ru, b_nurlan_kz@mail.ru, m.ainura.k@mail.ru

Аннотация: Мақалада кәсіпорындарда үздіксіз техникалық прогресті қамтамасыз етудегі және экономикалық көрсеткіштерді жақсартуға жағдай жасаудағы өзекті мәселелер қарастырылған. Нарықтық экономика жағдайында мұнай-газ ұңғымаларын бұрғылауды дайындау жөніндегі шешімдер және оларды жетілдіру шаралары көрсетілген.

Бұл тұрғыда біздің мемлекетте дамудың даңғыл жолына түсті. Қазақстан жолы – 2050: бір мақсат, бір мүдде, бір болашақ жолдауына келтірілгендей ішкі өнімнің жалпы жылдық көлемін, жыл сайынғы өсімін 4 %-дан кем етпеу жоспарлауда. Экономиканың ғылыми қамтымды моделін енгізу Қазақстанның эксперттік әлеуетіндегі шикізаттың емес, өнімнің үлесін 70 %-ға дейін арттыру мақсатын көздейді. Әрбір өнеркәсіп саласында, әсіресе мұнай-газ кәсіпорында ең қажетті жағдайы өндірістің тиімді жүргізілуі, яғни алдынала және жан-жақты дайындау. Өндірісті дайындау дегеніміз – өкімнің жаңа түрін, оларды модернизациялау, жаңа техниканы жасау, оларды іске асыру[1].

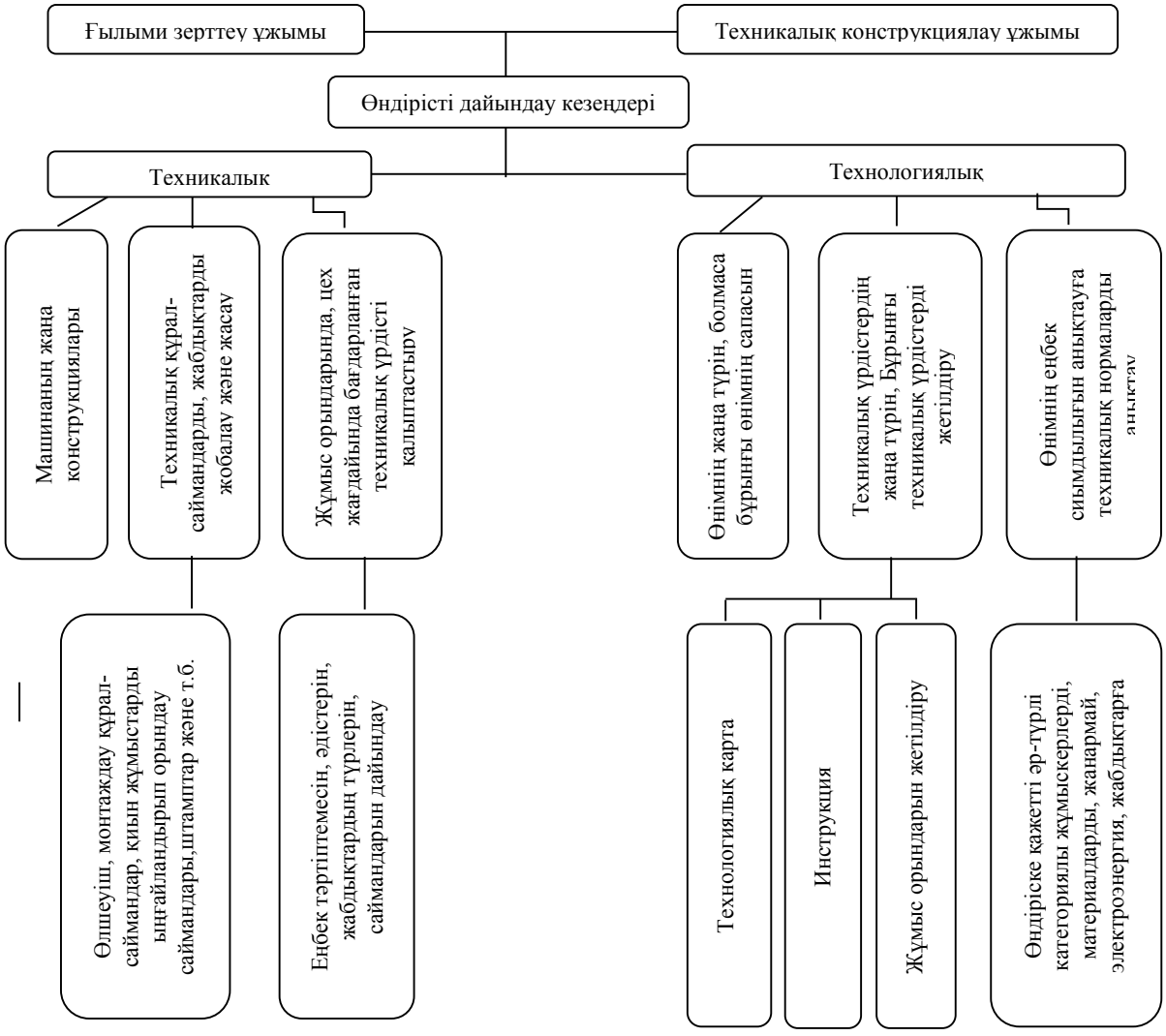
Өндірісті дайындауда ең қажетті шешілетін мәселелер: кәсіпорындарда үзіліссіз техникалық прогресспен және оның бірқалапты жағдай жасалуын қамтамасыз ету, экономикалық көрсеткіштерін жақсарту.

Осыған сәйкес өндірісті дайындау кезендерінің моделі (сурет 1) көрсетілгендей қалыптасады.



Сурет 1. Өндірістің бірқалыпты дамуының кезеңдері

Қолданыстағы техниканы,технологияны, кідірісті ұйымдастыруды жетілдіруге жасалынған бір-біріне тікелей байланысты кешенді атқаратын жұмыстар (2-сурет).



Сурет 2. Өндірісті технологиялық, технологиялық дайындау жұмыстарының түрлерінің моделі

Қазіргі кезеңде нарықтық экономика жағдайында еліміздің экономикасының дамуына, әлеуметтік жағдайын жақсартуға мұнай, газ өндіруші өнеркәсіптің көлемі жағынан, басқа салаларымен салыстырғанда ең маңызды орын алатындығы ақиқат [2].

Еліміздің нарықтық экономика жағдайында дамуының бірден-бір талабы, кәсіпорындарға өндірісті ұйымдастыру мен басқаруды жетілдіру. Қазіргі заман талаптарына сәйкес мамандар өндірісті ұйымдастырудың негіздерін жетік білуі мен қатар кәсіпорынның тиімді жұмыс атқаруын арттыру, еңбек өнімділігін өсіру нәтижесінде өнімнің сапасын жақсарту, өндірісті жоспарлауға байланысты мәселелерді білікті шешуге қабілеттілігін қамтамасыз ететін шараларды іске асыру[2-3].



Сурет 3. Мұнай-газ өндірістерінің дайындауда негізгі іске асырылатын іс-шаралар моделі

Атқарылатын шаралар:

1) Жаңа технологиялық барлық қызмет көрсету үрдістерін қамту;

2) Зерттеу нәтижесінде анықталатын тиімсіз үрдістерін адайлып тастау;

3) Негізгі жұмысшылармен қызмет көрсету үрдістерін еңбек өнімділігіне зияны тимейтіндей жағдайда қоса атқару[4].

Өндірісті бұрғылау үрдістерін орындалуын дайындауда жеке және ұңғымалар құрлысын бастаудың алды болады. Өндірісті дайындау жаңа мұнай (газ) кен орындарын, немесе алаңдарын барлауға бұрғылау жұмыстарын ұйымдастыру кезеңінде ерекшелігі өте құнды. Оның нәтижелілігі ұңғымала құрылысы бойынша алдағы жұмыстардың ерекшеліктері мен олардың көлемдерін зерделеуден басталады. Зерделеу барысында табиғи факторлардың келесі жұмыстарға әсер ету дәрежесін анықтайды, олар:

1. Мұнарадан монтаждау жұмыстарға (жер бедері, топырақтың және кірме жолдардың күйі, климаттық жағдайлар);

2. Ұңғымаларды бұрғылау мен бекітуге (өнімді қабаттардың қалыптасу тереңдігі, күрделенулердің жорамалданатын аумақтардың болуы, бұрғыланатын жыныстардың беріктігі);

3. ұңғымаларды сынау бойынша жұмыстардың ауқымына (өнімді деңгейлердің саны, олардың сипаттамасы) [5].

Материалдық дайындық барысында кәсіпорын қажетті жабдықтармен, құрал-саймандармен, материалдармен және басқа да материалдық-техникалық құралдармен қамтамасыз етіледі. Бұрғылау өндірісін дайындауды жүргізудің негізі, кенорындарын (алаңды) пайдалану жобасы болып табылады[6].

Ұңғымалар құрылысының үрдісін жобалау кезінде, құрамына топтық және жеке жобалар мен смсталар, геология-техникалық тапсырыс, мұнара- монтаждау жұмыстарын, ұңғымаларды бұрғылауды, бекітуді және сынауды өткізуге нормативті карталар тапсырыстар, тәртіптемелік-технологиялық карталар, еңбектің озық тәсілдерінің нұсқаулық карталары, бұрғылау жабдықтарын монтаждауға типтік сызбанұсқалары және т.б. кіретін, жобалық- смсталық құжаттаманы зерттеп дайындайды[6-7].

Ұңғымалардың құрылысы кезінде пайдаланылатын негізгі құжат – техникалық жоба. Ол ұңғымалардың толық сипаттамасын береді, оның құрамына құрылыстың технологиясы мен ұйымдастыруын негіздейтін барлық элементтер кіреді. Жобада қабылданған техникалық, технологиялық және ұйымдастырулық шешімдерін құрлыстың ұзақтылығы және өндірістің тиімділігі тәуелді болады. Жобада озық технологияны, жоғары өнімді бұрғылау жабдықтарын, құрал-саймандарын, еңбекті көп қажетсінетін үрдістерді кешендік механикаландыру құралдарын пайдалану ескеріледі[8].

Техникалық жобаға, бұрғылау бригадасының жұмысының оперативтік жоспары болып табылатын және ұңғыманы бұрғылау үрдісінің технологиялық тәртіптемесін анықтайтын, геология-техникалық тапсырыс тіркеледі[9].

Реттілік – технологиялық карта – бұрғылау бригадасына ұңғымалар құрылысының шапшаң үрдісін қамтамасыз етуге ықпал ететін маңызды құжат. Оны қашауларды өтеулігі бойынша геология-техникалық тапсырыстын ұсынымдарын айқындау үшін жасайды[9].

Ұңғыманың құрылысының ұзақтылығын анықтайтын негізгі құжат- нормативтік карта. Оны жасау үшін геолого - техникалық нарядтың мәліметтерін, түрлі жұмыстарды өткізуге уақыт нормаларын пайдаланады. Нормативтік картада, ұңғыманы бұрғылаудын технологиялық үрдісімен (бұрғылау, электрметриялық операциялар, ұңғыманы бекіту) ескерілген жеке операцияларды орындау ізділігі көрсетіледі[10].

Техникалық жобаға қосымша ретінде құрастырылатын, ұңғымалар құрылысына смета бұрғылау кәсіпорынның тапсырысшымен (мұнай – газ өндіру кәсіпорнымен) есептесулердің негізі болып табылады. Смета құрастыру нәтижесінде ұңғыма құрылысының сметалық құны анықталады[10-11].

Әрине, мұнай – газ саласы өте күрделі сала, оның қиыншылықтарын да, күрделілігін де жоғарыда айтылған мәліметтер растай алады. Ал, сол мұнай – газ өндірісін дайындаудың негізгі шешімерін атап өтуге болады:

- жер қойнауындағы мұнай- газ ресурстарын анықтау және ол жерде геологиялық, геофизикалық, геохимиялық, т.б. ғылым – білімнің дамуының жоғарғы нәтижесін пайдалана отырып, кен орның барлау, зерттеу;
- мұнай- газ өндірісінің экономикаға деген тікелей әсерін анықтай отырып, өндірісті дайындауға деген іс – шараларды қажетті қаржымен қамтамассыздандыру;
- мұнай – газ өндірісін дайындауға деген іс- шараларды тиімді жүргізу үшін мемлекет мүмкіншіліктерін ескеру;
- мұнай-газ өндірісін дайындауда, жоспарлау және ұйымдастыру жұмыстарын оңтайлы дұрыс жүргізу;
- мұнай-газ өндірісін дайындағаннан кейін өндірісті сақтауға, тасымалдауға байланысты өндіріс процестерін дұрыс жүргізу;
- мұнай-газ өндірісінің нарықтық экономикадағы рөлін бағалау нәтижесінде өндірісті жетілдіру, өнімнің сапасын арттыру арқылы өнімнің өзіндік құнын қалыпты ретке келтіру болып саналады[12].

Қорыта келгенде мемлекеттегі мұнай-газ өндірісін дайындаудың маңыздылығы, сол мемлекетте мұнай-газ өндірісін қаншалықты көп өндірсе, соншалықты мемлекет дамуының бір көрінісі болып есептеледі[12].

Сонымен, жоғарыда келтірілген өндірісті дайындаудың моделіндегі барлық факторларды, шараларды іске асыруға кәсіпорындағы білімді, тәжірибелі «команда» құрамына жоғары оқу орында дайындалған білікті, сапалы еліміздің экономикасына, халықтың әлеуметтік жағдайын жақсарту

құштарлы мамандар қосылады. Сондықтан, әрбір білім алушы жас азаматтар рухани сезіммен сапалы білім алуға тырысу керек, деп есептейміз[13-14].

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] И.С.Тілегенов, Қ.Ж.Көшербаев А.И.Тілегенова. Мұнай-газ өндірісін нарықтық экономика жағдайына ұйымдастыру, жоспарлау және басқару. – Тараз, 2011. - 256 с.

[2] Саймағанбетов Г.А. Организация и планирование производства – Алматы: Экономика, 2004. - 137с.

[3] Бакиров А.А., Бакиров Э.А. Теоретические основы и методы поисков и разведки скоплений нефти газа. В 2т. Кн. 1. Теоретические основы прогнозирования нефтегазоспособности недр. Бакиров А.А., Бакиров Э.А.; Недра - Москва, 2012. - 467 с.

[4] Sotnik I. N., Efremova E. V. The economic justification for the use of pellets in heat. Mekhanizm regulirovaniya ekonomiki [The mechanism of regulation of the economy], 2011, no. 4, pp. 109–114(In Russian).

[5] Prus E. Striving for balance. Ekonomika Belarusi [Economy of Belarus], 2013, no. 1, p. 36 (In Russian)

[6] Закиров С.Н., Индрупский И.М. Новые принципы и технологии разработки месторождений нефти и газа. Часть 2; - , 2009. - 488 с.

[7] Грабчак Л.Г., Багдасаров Ш.Б., Иляхин С.В., др. Горноразведочные работы; Высшая школа - Москва, 2003. - 664 с.

[8] Карнаухов М. Л., Пьянкова Е. М. Современные методы гидродинамических исследований скважин; Инфра-Инженерия - Москва, 2010. - 432 с.

[9] Jobs and Prices in the West Coast Region: Hearing before the Joint Economic Committee, Congress of the United States, 94 Congress, Second Session, U.S. Government Printing Office, page 134.

[10] Пахомова Н.В., Рихтер К.К., Малышков Г.Б. Проблемы модернизации и перехода к инновационной экономике // Проблемы современной экономики, N3 (43), 2012 г.

[11] Малофеев, Г. Е. Нагнетание в пласт теплоносителей для интенсификации добычи нефти и увеличения нефтеотдачи / Г.Е. Малофеев, О.М. Мирсаетов, И.Д. Чоловская. - М.: НИЦ "Регулярная и хаотическая динамика", Институт компьютерных исследований, 2010. - 224 с.

[12] Каминский, Э.Ф. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты / Э.Ф. Каминский, В.А. Хавкин. - М.: Техника, 2011. - 384 с.

[13] Рухин Л. Б. Основы литологии; Государственное научно-техническое издательство нефтяной и горно-топливной литературы - Москва, 1995. - 672 с.

[14] Ахметов С. А., Ишмияров М. Х., Кауфман А. А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых; Недра - Москва, 2009. - 844 с.

Байкенов Н.А., Еминалинова М.Р., Жаниенов Д.Б., Муканова А.К., Нұрмағанбетов А.Ж.

Модели предпроизводства в условиях рыночной экономики и меры по их совершенствованию

Резюме. В статье рассматриваются актуальные проблемы непрерывного технического прогресса, в обеспечении и создании условий, предусмотренных в улучшении экономических показателей на предприятиях. В условиях рыночной экономики указаны решения по подготовке бурения нефтегазовых скважин и меры по их совершенствованию.

УДК 621.182

[1,2]A.Berdimurat, [2]K.Khazimov, [1,2]Zh. Sagyndykova, [2]K.Idryshev, [3]B.Urmashev, [1,2,3]M.Khazimov
([1]Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Republic of Kazakhstan, [2]Kazakh National Agrarian University, Almaty, Republic of Kazakhstan, [3]al-Farabi Kazakh national University., Almaty, Republic of Kazakhstan, E-mail: [1]tananova-ainura@mail.ru)

IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE KVTS-0.2 HOT WATER BOILER WITH FULL-LAYER COAL COMBUSTION

Abstract. The article discusses the use of solid fuel in hot water boilers, and analyzes the disadvantages of similar boilers operating on fossil coal. The relevance of improving the efficiency of the boiler by improving its design for combustion in full-layer mode, by automatically regulating the supply of the required amount of air in layers through the nozzles using a fan is shown. The design scheme of the furnace and the functional scheme of the proposed automatic air supply control system are presented. The results of the test of the improved KVTS-02 boiler are presented and the technical and economic indicators that indicate an increase in the efficiency of the boiler are determined.

Keyword. Hot water boiler, solid fuel, fan, automatic system.

[1,2]А.Д.Бердимурат, [2]К.М.Хазимов, [1,2]Ж.Б.Сагындыкова, [2]К.Ж.Идрышев, [3]Б.А.Урмашев, [1,2,3]М.Ж.Хазимов

([1]Алматинский университет энергетики и связи, г. Алматы, Республика Казахстан, [2]Казахский национальный аграрный университет, г. Алматы, Республика Казахстан, [3]Казахский национальный университет им. аль-Фараби г. Алматы, Республика Казахстан, E-mail: [1]tananova-ainura@mail.ru)

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВТС-0,2 ПРИ ПОЛНОСЛОЙНОМ СЖИГАНИЯ УГЛЯ

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы об использовании твердого топлива в водогрейных котлах, проведен анализ недостаткам аналогичных котлов, работающих на ископаемом угле. Показана актуальность повышения эффективности работы котла путем совершенствования его конструкции для сжигания в полнослойном режиме, за счет автоматического регулирования подачи необходимого количества воздуха послойно через форсунки с помощью вентилятора. Представлены – конструктивная схема топки и функциональная схема предлагаемой автоматической системы регулирования подачи воздуха. Изложены результаты проведенного испытания усовершенствованного котла КВТС-02 и определены технико-экономические показатели, которые свидетельствуют о повышении эффективности работы котла.

Ключевые слова. Водогрейный котел, твердое топливо, вентилятор, автоматическая система.

Введение. Получение энергии в мире непрерывно растет, удваиваясь каждые 5–7 лет. При этом более 80 % современной энергетики является топливной, использующей ископаемое углеводородное топливо. Эта энергетика выбрасывает в окружающую среду огромное количество не только химических отходов, но и физических в виде радиации и отходящего тепла, которое неизбежно вызывает разогрев атмосферы [1].

Казахстан занимает десятое место в мире по объемам добычи угля, одновременно с этим Казахстан являясь крупным потребителем угля. Страна занимает восьмое место в мире по доказанным запасам угля, которые составляют 34,2 млрд. т (около 4 % от общемировых запасов). Этого достаточно для поддержания текущих темпов добычи как минимум в течение 300 лет [2].

Уголь является движущей силой экономики Казахстана. В настоящее время на долю угля приходится свыше 60 % потребления первичных энергоресурсов в стране. Хотя ожидается, что относительная доля угля в общей структуре потребления в долгосрочной перспективе будет сокращаться, уголь (также в долгосрочной перспективе) сохранит свои лидирующие позиции в энергетическом балансе Казахстана [3].

Низкая плотность населения также затрудняют проведения газификации всех населенных пунктов республики, хотя для данная программа выполняется в окрестности крупных населенных пунктов и в близко размещенных населенных пунктах к месту добычи газа и полезных ископаемых. Поэтому достаточная часть населения и объекты энергетики Казахстана пользуют в качестве энерго источника ископаемый уголь. Снижение вредных выбросов и повышение эффективности котлов малой мощности при сжигании твердого топлива остается одной из важнейшей проблемой на ближайшее годы. Основными факторами, определяющими важность данного вопроса, являются не только отказ от централизованного теплоснабжения и установка в новых зданиях индивидуальных отопительных котлов, но и отсутствие эффективных технологий сжигания твердого топлива в них. В результате этого во многих городах небольшие по мощности котельные, вместе с автотранспортом, определяют уровень приземной концентрации токсичных загрязнителей. Поступление в атмосферный воздух огромных объёмов продуктов сгорания топлива от котлов малой мощности, промышленных печей, а также отработанных газов автомобилей изменяет состав атмосферного воздуха, приближая концентрации вредных веществ к предельно допустимым значениям по показателям действия на организм человека [4].

Большинство развитые страны пошли по другому пути, оптимизируя уровень централизации, они делали ставку на децентрализованное теплоснабжение. При этом совершенствовалось теплогенерирующее оборудование, повышались коэффициент полезного действия (КПД), уровень его безопасности и автоматизации, экологические, эргономические, санитарно-гигиенические и другие показатели. Создавалась всеобъемлющая система учета потребления энергоресурсов всеми категориями потребителей. Внедрялись альтернативные источники тепловой энергии. Дорабатывалась и приводилась в соответствие требованиям целесообразности и удобств потребителя нормативно-техническая база. В результате все эти мероприятия позволили перейти на новый более качественны уровень энергосбережения во всех сферах экономики, в том числе и в ЖКХ [3, 4, 5].

Для полноценной оценки значимость применения ископаемых углей сначала следовало бы обратить внимание на развитие процесса сжигания угля и состояние аппаратов используемые для этой цели. Технология слоевого сжигания твердого топлива и конструкции котлов со слоевыми топками появились во второй половине XIX - первой половине XX веков (в России это работы А.В. Вихрова, Л.К. Рамзина, В.Г. Шухова, Т.Т. Усенко и многих других) [6, 7]. В связи с переходом на сжигание жидких и газообразных топлив, а также факельное сжигание твердых топлив во взвешенном состоянии дал определенный сбой в развитии слоевого сжигания твердого топлива. Ориентация на новое направление процессов горения снизило внимание к слоевому сжиганию, что послужило причиной технической отсталости в данном вопросе.

В котлах же малой мощности эта проблема решается иными путями в силу специфики условий их работы и небольших размеров оборудования. Во-вторых, после принятия закона Республики Казахстан «Об охране атмосферного воздуха» (от 11 марта 2002 года № 302) усилился контроль за соблюдением экологических требований, в соответствие с которыми были ужесточены нормативы на выбросы оксидов азота в атмосферу [8]. В-третьих, эксплуатационный персонал, включая руководство промышленных и отопительных котельных, недостаточно подготовлены для решения экономических и экологических проблем, поставленных перед ними в последние годы. В технических журналах часто встречаются статьи по различным аспектам повышения КПД и защиты атмосферы от вредных выбросов промышленных и отопительных котельных. Однако разрозненный, а порой и противоречивый характер этих публикаций не позволяет в полной мере удовлетворить потребности работников жилищно-коммунальной сферы.

При проектировании котлов как правило используют расчетные значения основных энергетических характеристик углей, как низшая теплота сгорания, выход летучих показателей, влажность, состав минеральных примесей, свойство твердого горючего остатка и сернистость. Именно эти характеристики определяют различные проблемы, сопутствующие сжиганию твердых топлив на котельных [9, 10].

Твердые выбросы в продуктах сгорания угольных котлов состоят главным образом из зольных частиц и недогоревшего углерода. Среднегодовая концентрация твердых частиц в воздухе городских районов колеблется в диапазоне от 0,04 до 0,4 мг/м^3 [11].

Концентрация твердых частиц в дымовых газах за котлом (до золоуловителя) определяется, главным образом, содержанием золы в топливе, и, кроме того, - способом сжигания. В слоевых топках, при сжигании сортированного угля, с продуктами сгорания удаляется только 15...30 % золы топлива [12].

К недостаткам конструкции твердотопливных котлов длительного горения следует отнести неэффективное сжигание топлива и ограниченный объем топки, что приводит к необходимости частой загрузки топлива. Кроме того, наблюдается относительно большой процент недожженного топлива, особенно с большим содержанием влаги и большой зольностью, что увеличивает себестоимость отопления [13,14,15].

Большинство предприятии особенно в сельской местности в школах и детских садах снабжаются несколькими водогрейными котлами малой мощности типа КВТС – 0,2 для сжигания твердого топлива. Алогичные котлы имеют камеру сжигания топлива в плотном слое и снабжаются колосниковой системой. Такие конструкции котлов после загрузки топлива не подвергаются управлению, поэтому следует производить загрузку с учетом температуры нагрева и при необходимости произвести догрузку топлива. Кроме того, котлы, снабженные колосниковой системой, требуют определенный запас вытяжки воздуха. После загрузки топлива особо мелкие частицы топлива вместе с воздухом вытягиваются в атмосферу образуя темный копыт вместе с выхлопным газом после загрузки. Оставшиеся мелкие частицы через колосниковую решету попадает в зольник и безвозвратно удаляются вместе с золой. Таким образом потеря твердого топлива в колосниковых котлах в зависимости от степени измельчения достигает до 10-15%.

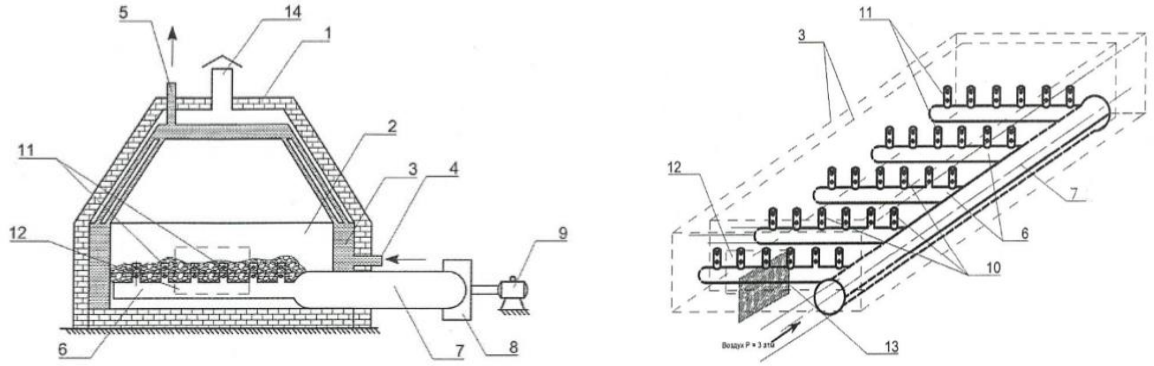
Поэтому усовершенствование конструкции существующих или разработка новой конструкции котлов таких типов является актуальной задачей.

Материалы и методы. Для повышения эффективности сжигания топлива в плотном слое предлагается усовершенствованная конструкция котла [16]. Разработанная топка и конструкция котла малой мощности в целом имеет ряд характерных отличий от существующих котлов.

В предлагаемом водогрейном котле топливо загружают в нижней части реакционной камеры которого, размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха с форсунками, что обеспечивает при исключении колосника потери мелких частиц топлива с экономией до 15-20%. Радиальные отверстия на вертикально установленных форсунках, которые могут быть выполнены в

два ряда, позволяют направить поток воздуха в горизонтальном направлении по всему слою топлива, и обеспечить более полное сгорание загруженного слоя топлива. Кроме того, исключается потери особо мелких частиц топлива, уходящие с вытяжным воздухом, так как скорость вытяжного воздуха минимальное. За счет уменьшения скорости воздуха время теплоотдачи увеличивается, за счет чего повышается КПД котла.

Для этого в конструкции водогрейного твердотопливного котла, содержащего корпус и размещенные в нем камеру сгорания, емкость, заполненную водой, узел подачи воздуха, согласно схемы в нижней части реакционной камеры размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха, соединенных с трубой - распределителем воздуха, связанной с вентилятором. При этом горизонтально установленные трубы подачи воздуха снабжены вертикально установленными форсунками с радиальными отверстиями (рисунок 1). Радиальные отверстия на форсунках выполнены в два ряда. В предлагаемом водогрейном котле топливо загружают в нижней части реакционной камеры которого, размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха с форсунками, что обеспечивает при исключении колосника потерю мелких частиц топлива с экономией до 10-12%. Радиальные отверстия на вертикально установленных форсунках выполнены в два ряда, позволяют направить поток воздуха в горизонтальном направлении по всему слою. И это обеспечит более полное сгорание загруженного слоя топлива, за счет чего повышается КПД котла.



а) б)

Рис.1. Вертикальный разрез котла (а) и размещение форсунок для подачи воздуха (б)

Котел содержит корпус 1, камеру сгорания 2, емкость, заполненную водой 3, соединенную с патрубками подвода 4 и отвода 5 воды. В нижней части реакционной камеры 2 котла размещен ряд горизонтально установленных труб подачи воздуха 6, соединенных с трубой - распределителем воздуха 7, связанной с вентилятором 8 и электродвигателем 9. Горизонтально установленные трубы подачи воздуха 6 снабжены вертикально установленными форсунками 10 с радиальными отверстиями 11. В боковой части корпуса 1 выполнен проем 12 для загрузки топлива, очистки от золы, обслуживания камеры сгорания 2. В проеме 12 установлена герметичная дверца 13. Продукты сгорания удаляются из котла через патрубок 14. Водонагревательный твердотопливный котел работает следующим образом. Топливо в камеру сгорания 2 загружают через проем 12 выше уровня форсунок 10 на 5-10 мм. Подаваемый через трубы подачи 6 и форсунки 10 воздух поддерживает горение топлива. Топочные газы, поднимаясь по камере 2, нагревают теплоноситель - воду в емкости 3. Нагретая вода выходит из котла по патрубку 5 отвода, взамен поступает по патрубку 4 подвода вода для нагрева. При достижении необходимой температуры в обогреваемом помещении отключают электродвигатель 9 и подача воздуха прекращается.

Для автоматического регулирования подачи воздуха с помощь нагнетательного вентилятора была разработана функциональная схема, позволяющая автоматический включить и отключить двигатель вентилятора по сигналу термодатчика, установленного на линии подачи горячей воды в сети. Разработанная функциональная схема представлена на рисунке 2.

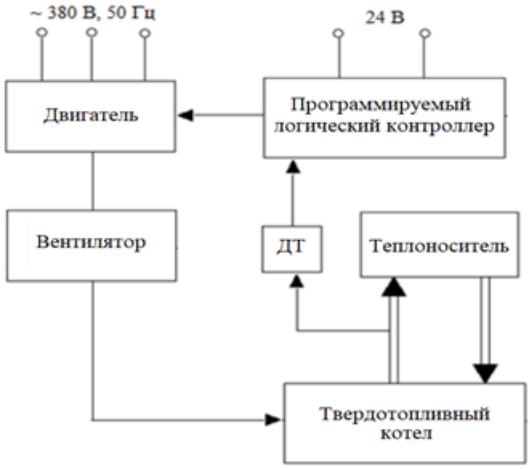


Рис. 2. Функциональная схема автоматической системы управления твердотопливного котла

Значение температуры через датчик температуры ДТ, осуществляющего обратную связь в системе, передается программируемому логическому контроллеру (ПЛК), который, сравнивая его с заданными значениями температуры в соответствии с алгоритмом работы системы регулирования, передает соответствующий управляющий сигнал электродвигателю вентилятора. В результате вентилятор включается или отключается изменяя температуру в теплоносителе и соответственно регулируя подачи воздуха в топке.

Результаты и их обсуждение. По предлагаемой схеме была реконструирована котельная, работающая для обогрева здания средней школы в с. Кок – Жайық Кокпектинского района Восточно Казахстанской области. В помещении котельной параллельно установлены 3 котла КВТС-0,2, которые работают параллельно. Загрузка угля производилась вручную, переоборудование было произведено в среднем котле, путем установки средств подачи воздуха.

Запускались все 3 котла одновременно с одинаковой загрузкой топлива. При достижении температуры воды на линии подачи необходимой температуры, в средний котел подача воздуха прекращалась путем отключения нагнетательного вентилятора. Процесс горения в топке котла прекращалась. В топках необорудованных котлов продолжался процесс горения и уменьшали процесс горения путем перекрытия дверцы колосников. Однако процесс горения в замедленном состоянии продолжался. При снижении температуры воды на линии подачи до допустимого минимального значения вентилятор включался в автоматическом режиме (по заранее регулируемом режиме). По завершении сжигания угля в двух крайних котлах, загрузка свежим топливом не производилась. Работала реконструированный котел до полного сжигания топлива. По времени работы продолжительность реконструированного котла составляла больше чем на 30%, чем стандартные котлы. По завершении горения разгружалась зола из всех топок одновременно и процесс повторялся. Общи вид размещения форсунок для подачи воздуха и котельной представлен на рисунке 3.



а) б)

Рис. 3. Общий вид внутри топки (а) и котельной (б)

Заключение. На основании предварительно проведенного испытания усовершенствованного котла КВТС-02 по определению технико-экономической эффективности получены следующие показатели: расход топлива уменьшился по сравнению стандартной на 25-30%; выброс токсичных элементов на 15-20%. Управление режимом работы нагнетательного вентилятора позволяет поддерживать температуру в помещении в пределах 18-20^{0}С стабильно при работе реконструированного котла самостоятельно при прогретом режиме. Реконструкция котла КВТС-02 путем уменьшения вытяжной скорости воздуха, исключением потери мелких частиц угля через колосниковую решетку и управление процессом горения угля в автоматическом режиме с помощью нагнетательного вентилятора неравномерность температуры помещения составляла $\pm 2^0$С.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Гирусов Э. В. Энергетика человечества в глобальном измерении/ Век глобализации -2008. -№2. -С. 66–76. - https://www.socionauki.ru/journal/articles/129857/

[2] Национальный энергетический Доклад 2015. ОЮЛ «KAZENERGY», www.kazenergy.com

[3] Сигал И.Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра, 1988.312 с.

[4] Ушаков В.Я., Харлов Н.Н., Чубик П.С.. Потенциал энергосбережения и его реализация на предприятиях ТЭК. Учебное пособие. Томск.: Изд-во ТПУ, 2015. – 283 с.

[5] Ахмедов Р.Б., Цирульников Л.М. Технология сжигания горючих газов и жидких топлив. Л,: Недра, 1984. -238 с.

[6] Котлер В.Р. Оксиды азота в дымовых газах котлов, М.: Энергоатомиздат, 1987. -144 с.

[7] Внуков А.К. Защита атмосферы от выбросов энергообъектов. Справочник. М: Энергоатомиздат, 1992. -176 с.

[8] Закон Республики Казахстан от 11 марта 2002 года, № 302-II Об охране атмосферного воздуха.

[9] Кривоногое Б.М. Повышение эффективности сжигания газа и охрана окружающей среды. Л.: Недра, 1986. 280 с.

[10] Рихтер Л.А., Волков Э.П., Покровский В.Н. Охрана водного и воздушного бассейнов от выбросов тепловых электростанций. М.: Энергоиздат, 1981. 296 с.

[11] Котлер В.Р., Беликов СЕ. Промышленно-отопительные котельные: сжигание топлив и защита атмосферы. СПб.: Энерготех, 2001. 272 с.

[12] Росляков П.В., Изюмов М.А. Экологически чистые технологии использования угля на ТЭС: Учеб. пособие - М.: Издательство МЭИ, 2003.-124 с.

[13] Котлер В.Р., Резниченко Ю. Опыт фирмы ЕЕК (США) по снижению выбросов оксидов азота и сернистого ангидрида на пылеугольных котлах. /Теплоэнергетика, 1983, № 8, с. 69-72.

[14] Павленко Ю.П. Парниковые газы (неточности и заблуждения). / Энергия: экономика, техника, экология, 2004, № 2, с. 42-43.

[15] Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. ОНД-86 Госкомгидромет. Л.: Гидрометеоиздат, 1987. 93с.

[16] Урмашев Б. А., Хазимов М. Ж., Идришев К. Ж., Касымбаев Б. М., Хазимов К. М.Патент на полезную модель РК №3368 Водогрейный твердотопливный котел. МКИ F23B 1/00. Опубл. 16.11.2018, бюл. №43

Бердимурат А.Д., Хазимов К.М., Сагындыкова Ж.Б., Идрышев К.Ж., Урмашев Б.А., Хазимов М.Ж.

КВТС-0,2 су жылыту қазандығы жұмысының тиімділігін арттыру

Түйіндеме. Мақалада су жылыту қазандықтарында қатты отынды пайдалану туралы мәселелер қарастырылады, қазбалы көмірмен жұмыс істейтін ұқсас қазандықтардың кемшіліктері талданады. Желдеткіштің көмегімен саңылаулар арқылы қажетті ауа мөлшерін беруді автоматты түрде реттеу арқылы қазандықтың тиімділігін арттырудың өзектілігі көрсетілген. Ұсынылған-пештің құрылымдық диаграммасы және ұсынылған ауа беруді реттеудің автоматты жүйесінің функционалды диаграммасы. КВТС-02 жетілдірілген қазандығын сынау нәтижелері сипатталған және қазандықтың тиімділігінің артуын көрсететін техникалық-экономикалық көрсеткіштер анықталған.

Түйін сөздер. Су жылыту қазандығы, қатты отын, желдеткіш, автоматты жүйе.

УДК 004

A. Bissarinova[1], O. Kisseleva[2], A. Mamyrova[3]
([1]International information technology university, Almaty, Kazakhstan.
[2]Turan University, Almaty, Kazakhstan.
[3]Almaty University of Power Engineering and Telecommunications
aigulbis@mail.ru)

5G INTEGRATION WITH THE INTERNET OF THINGS. FORMATION OF THE CONVERGED ECOSYSTEM 5G-IOT

Abstract. Broadband technology is firmly rooted as an important part of the daily life of modern society and has acquired almost the same degree of importance as water supply or electricity. Today, wireless radio access systems provide a wide range of various communication services, from professional and entertainment networks to various industrial applications.

Keywords. 5G Communication Networks, Internet of Things, Converged Ecosystem, 5G-IoT.

Further development of existing radio technologies is increasingly stimulating progress and is being introduced into market segments outside the telecommunications sector, such as industrial automation, process control, automotive, intelligent transportation systems, energy, television and radio broadcasting, as well as healthcare, among many others [1] .

In order to accelerate the pace of their economic and social development [2], the next-generation IMT systems must solve new challenges for them:

- support for very high data transfer rates;
- connecting a large number of devices of various types;
- providing a higher quality of a variety of communication services;
- increasing economic affordability and reducing operating costs [3].

Keeping these goals in mind, and also expecting the growth of mobile traffic volumes from 10 to 100 times between 2020 and 2030 [4], the ITU International Telecommunication Union set out to determine the prospects for the further development of IMT systems until 2020 and beyond [5]. According to this vision, the main development of the IMT-2020 specifications is planned for completion around 2020, after which the implementation phase of the relevant technologies will begin [6].

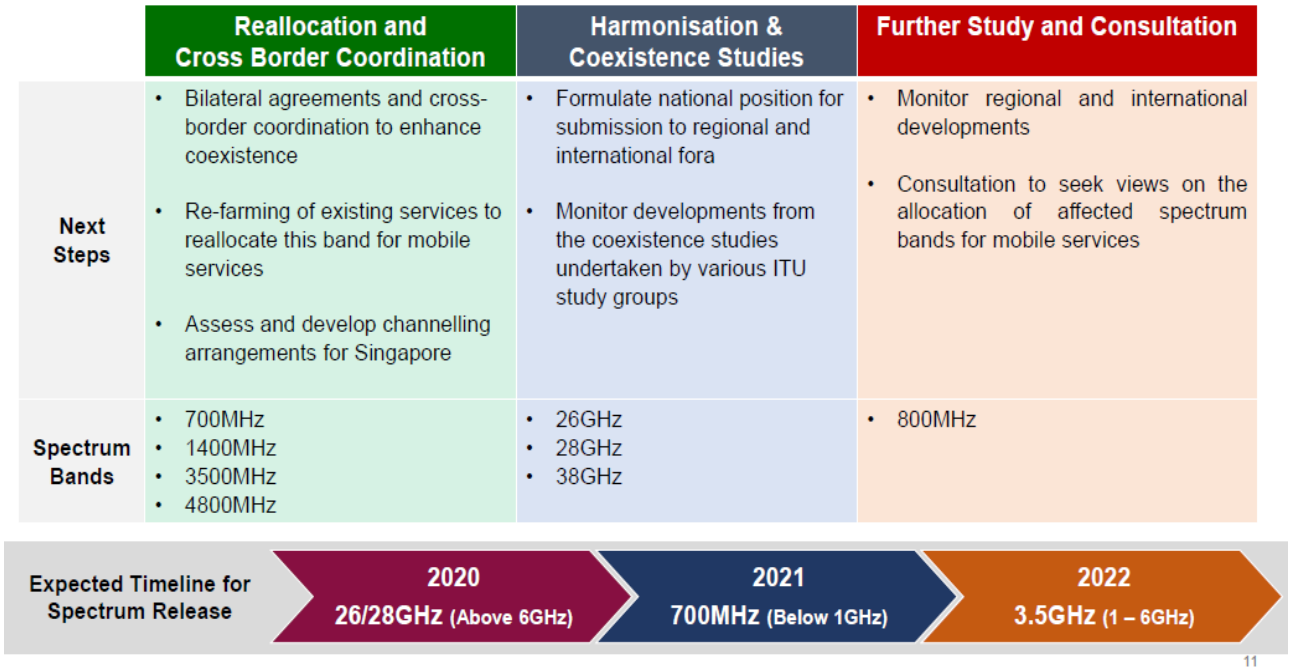


Figure 1. The development and deployment cycle of IMT systems

It is interesting to recall that the development of the IMT-2000 system took a total of 15 years (1985–2000) and led to the launch of the third generation 3G mobile networks (see Figure 1), while the subsequent development of the IMT-Advanced system and the fourth mobile networks Generation 4G met at 12 years (2000-2012).

Given the further increase in the pace of development and reduction of its terms up to 8 years (2012–2020), it is expected that the promising fifth generation of 5G mobile broadband will significantly improve all aspects of the system, from increasing the efficiency of using the radio spectrum and physical layer mechanisms to supporting software definable configurability and flexible network management.

As described above, the key technologies of the "Big Three", which form the basis of the latest 5G communication networks, include further network compaction with small cells of various sizes based on heterogeneous radio access technologies to increase its capacity, and the use of extremely high frequencies (mmWave technology) to overcome the inevitable the lack of traditional wireless spectrum, as well as the use of massive multi-antenna circuits and technologies in order to increase the spectral transmission efficiency. The combination of such solutions should ensure the achievement of a peak data transfer rate of 10 (and sometimes 20) Gbit / s, the user perceived transmission rate of 100 Mbit / s in a fairly large open space and up to 1 Gbit / s indoors.

At the end of 2015, in response to these stringent requirements, the 3GPP committee began active work to create a new radio technology (New Radio) within the 5G system, which could operate in the mm Wave range without backward compatibility with previous solutions [15]. At the same time, further development of the existing LTE-Advanced system continued [7].

With the help of the New Radio 3GPP radio access network being developed, promising 5G systems will be able to serve a wide range of resource-intensive user applications [8], including subscriber location services, cloud and social services, high-resolution multimedia services, virtual and augmented reality applications, etc.

However, the use of 5G networks is not limited to scenarios aimed at serving people as users, but also assumes support for a wide range of scenarios, including the so-called M2M inter-machine interaction [9]. Accordingly, additional and more stringent requirements arise regarding the latency, availability, reliability, scalability, cost and energy efficiency of communications for M2M applications [10]. For example, 5G technologies will have to provide a delay at the radio access level of not more than 1 ms and work with speeds of nodes up to 500 km / h. On the other hand, next-generation communication systems will provide a high density of connected devices (up to 106 / km2) with extremely low power consumption.

When it fulfills all the stated requirements, the IMT-2020 system will become the most advanced tool for servicing all kinds of IoT Internet of Things applications, built on M2M machine-to-machine interaction technologies, and thereby allow connecting a huge variety of different machines to the network that operate with minimal human intervention [11].

The scenarios for using 5G heterogeneous communication networks that are supposed to be so can be divided into three broad classes (see Figure 2), two of which contain exclusively M2M and IoT applications:

1. *Advanced mobile broadband.* Mobile broadband aims to serve people as users accessing various multimedia applications, services and data. It is expected that the need to support this type of service will continue to grow, and to provide them, expansion of network capabilities will be required. As a result, the expanded mobile broadband access will allow for the implementation of scenarios in which new user applications with increased performance requirements can operate, suggesting a higher quality of service perception. Such scenarios are numerous and include both providing a network with a wide area of space (wide area) and arranging access in separate locations (hotspot), which, obviously, should have different characteristics. For individual locations in which a high density of subscribers is observed, rather high network capacity and user data transfer rate are important, while mobility support requirements are not as stringent as in the case of covering a vast area. Such coverage requires a continuous connection even when moving the subscriber at high speed.

2. *Mass inter-machine interaction.* This class of scenarios is characterized by a very large number of connected devices, which at the same time transmit relatively small amounts of delay-resistant data. It is required that such devices have a low cost, as well as a long operating time without recharging or replacing their battery. Such conditions are typical for a wide class of interacting objects, from simple home appliances to more advanced appliances with advanced features. Examples are smart energy and agricultural surveillance systems, connected sensors and meters, power drives, wearable devices, surveillance cameras, as well as next-generation cars.

3. *Reliable interaction with low latency.* This class of scenarios has strict requirements for system performance, such as its throughput, data delivery delay, and the availability of a wireless connection. An example is the wireless systems for monitoring industrial production and related processes, the remote provision of medical services, load balancing in smart power systems, road safety, etc. Such operating conditions require the organization of inter-machine interaction in real time for, for example, self-driving cars and unmanned aerial vehicles, industrial production processes, operational monitoring and optimization of transport safety systems, emergency response services and a number of other applications.

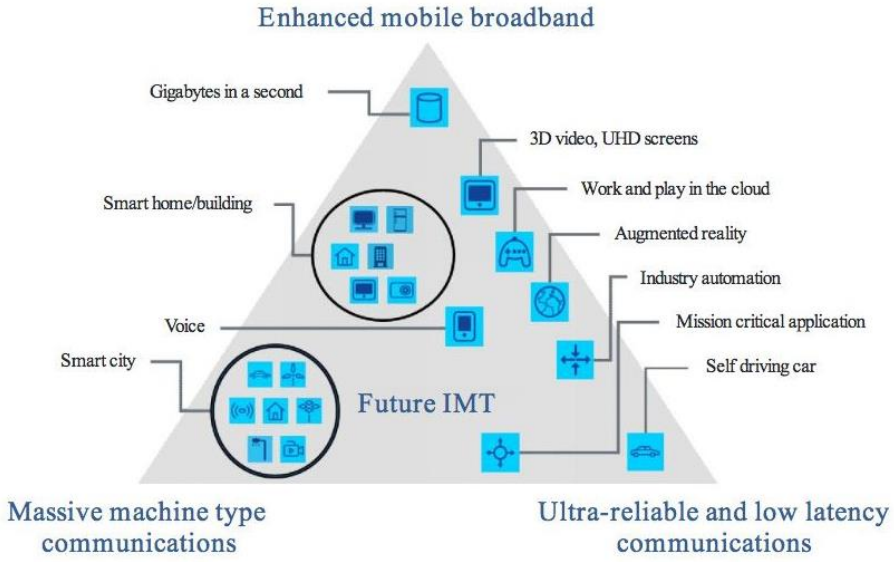


Figure 2. Promising scenarios for the use of IMT systems by 2020 and

Further

The rapid development in this regard of the convergent 5G-IoT ecosystem [12; 13] suggests that a variety of connected devices will be able to interact with each other through various radio access technologies, including those that operate with higher frequencies and wider bandwidth. To meet the diverse requirements of IMT-2020, the coordinated use of various radio technologies will be required [14], including the further development of LTE-Advanced and the 3GPP New Radio system in conjunction with various IEEE family access protocols such as widespread WiFi networks and numerous short-range wireless solutions actions. Such highly heterogeneous 5G communication networks will inevitably encounter a number of difficulties associated primarily with the support of advanced IoT devices with increased demands on the quality of service, including unmanned vehicles and aircraft, as well as industrial robots.

REFERENCES

[1] METIS. Updated scenarios, requirements and KPIs for 5G mobile and wireless system with recommendations for future investigations / K. Kusume, M. Fallgren, O. Queseth, et. al // ICT-317669-METIS/D1.5. — 2015.

[2] 5G network technology: Putting Europe at the leading edge / R. Davies // European Parliamentary Research Service. — 2016

[3] NGMN Alliance. 5G White Paper — Executive Version / под. ред. J. Erfanian, B. Daly // White paper. — 2014

[4] ITU. IMT traffic estimates for the years 2020 to 2030 // Report ITU-R M.2370-0. — 2015

[5] ITU. IMT Vision — Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2020 and beyond // Recommendation ITU-R M.2083-0. — 2015

[6] Gupta, A. A survey of 5G network: Architecture and emerging technologies / A. Gupta, R. K. Jha // IEEE Access. — 2015. — Vol. 3. — Pp. 1206–1232.

[7] Goldshteın, B. S. Setı svıazı : Ýchebnık dlıa VÝZov / B. S. Goldshteın, N. A. Sokolov, G. G. Ianovskıı. — SPb. : BHV-Peterbýrg, 2014. — 400 s.

[8] Da Silva, I. Tight integration of new 5G air interface and LTE to fulfill 5G requirements / I. Da Silva, G. Mildh, J. Rune, et al. // Proceedings of IEEE 81st Vehicular Technology Conference (VTC Spring) / IEEE. — Glasgow, UK, 2015. — Pp. 1–5.

[9] Chen, S. The requirements, challenges, and technologies for 5G of terrestrial mobile telecommunication / S. Chen, J. Zhao. // IEEE Communications Magazine. — 2014. — Vol. 52, no. 5. — Pp. 36–43.

[10] Condoluci, M. Enhanced radio access and data transmission procedures facilitating industry-compliant machine-type communications over LTE-based 5G networks / M. Condoluci, M. Dohler, G. Araniti, et al. // IEEE Wireless Communications. — 2016. — Vol. 23, no. 1. — Pp. 56–63.

[11] Dahlman, E. 5G wireless access: requirements and realization / E. Dahlman, G. Mildh, S. Parkvall, et al. // IEEE Communications Magazine. — 2014. — Vol. 52, no. 12. — Pp. 42–47.

[12] Andreev, S. Understanding the IoT connectivity landscape: a contemporary M2M radio technology roadmap / S. Andreev, O. Galinina, A. Pyattaev, et al. // IEEE Communications Magazine. — 2015. — Vol. 53, no. 9. — Pp. 32–40.

[13] Palattella, M. R. Internet of things in the 5G era: Enablers, architecture, and business models / M. R. Palattella, M. Dohler, A. Grieco, et al. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2016. — Vol. 34, no. 3. — Pp. 510–527.

[14] Tıhvınskıı, V. O. Setı 5G ı IoT-ınnovatsıonnaıa sreda dlıa tsıfrovoı ekonomıkı Rossıı / V. O. Tıhvınskıı // Elektrosvıaz. — 2017. — № 8. — S. 18–24. 294

[15] Andreev, S. Intelligent access network selection in converged multi-radio heterogeneous networks / S. Andreev, M. Gerasimenko, O. Galinina, et al. // IEEE Wireless Communications. — 2014. — Vol. 21, no. 6. — Pp. 86–96.

Бисаринова А., Киселева О., Мамырова А.

5G заттарды Интернетпен біріктіру. 5G-IoT конверттелген экожүйені дамыту

Түйіндеме. Кең жолақты технология қазіргі қоғамның күнделікті өмірінің маңызды бөлігі болып табылады және сумен жабдықтау немесе электр куатымен бірдей дәрежеге жетті. Бүгінгі таңда сымсыз радиоға қол жеткізу жүйелері кәсіби және ойын-сауық желілерінен бастап түрлі өнеркәсіптік қосымшаларға дейін әр түрлі байланыс қызметтерін ұсынады.

Түйінді сөздер. 5G байланыс желілері, Интернет заттары, конвергенттелген экожүйе, 5G-IoT.

Бисаринова А., Киселева О., Мамырова А.

Интеграция сетей связи 5G с Интернетом вещей. Становление конвергентной экосистемы 5G-IoT

Резюме. Технологии широкополосной связи плотно укоренились в качестве важной составной части повседневной жизнедеятельности современного общества и приобрели практически ту же степень важности, что и водоснабжение или электричество. На сегодняшний день беспроводные системы радиодоступа обеспечивают широкий диапазон всевозможных услуг связи, от профессиональных и развлекательных сетей до различных промышленных приложений.

Ключевые слова. Сети связи 5G, Интернет вещей, конвергентная экосистема, 5G-IoT.

УДК 004.89

[1] S. S. Brimzhanova, [2]S. K. Atanov, [3]Kh., Moldamurat, [4]Z.M. Baykhadamova
([12] KSU. A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan
E-mail: Kameshova_88@mail.ru
[3] of the Department of space technique and technologies Republic of Kazakhstan L. N. Gumilev, Nur-Sultan.
[4] Kostanay Academy of the Ministry of internal Affairs of RK named after Sh.Kabylbaev)

COMPONENTS OF THE INTELLECTUAL KNOWLEDGE ASSESSMENTS AND KNOWLEDGE SYSTEM

Abstract: At the moment, testing is one of the most technologically advanced forms of automated control with controlled quality parameters. In this sense, none of the known forms of knowledge control can be compared with testing. Creating an intelligent system is an urgent task of modern Kazakhstan science and is due to the need to assess and verify the level and quality of knowledge arises in any human activity.

Key words: intelligent system components, server client, admin block, database, user, database management system, architecture, multi – module assessment, knowledge control program, shell, programming language.

[1] С.С. Бримжанова, [2] С.К. Атанов, [3] Х. Молдамурат, [5] З.М. Байхадамова
([12]А. Байтұрсынов атындағы ҚМУ , Қостанай, Қазақстан Республикасы
E-mail: Kameshova_88@mail.ru
[3]Л.Н. Гумилев атындағы ЕҰУ, Нұр – Сұлтан
[4]ҚР ІІМ Ш.Қабылбаев атындағы Қостанай Академиясының ІІО-ғы ӘЖҰ кафедрасының оқытушысы
[5] ҚР ІІМ Ш.Қабылбаев атындағы Қостанай Академиясының, Қостанай

ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕНІ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БІЛІМДІ БАҚЫЛАУ КОМПОНЕНТТЕРІ

Аңдатпа: Қазіргі уақытта тестілеу сапаның бақыланатын параметрлері бар автоматтандырылған басқарудың технологиялық тұрғыдан дамыған түрлерінің бірі болып табылады. Бұл мағынада білімді бақылаудың белгілі бір формасын тестпен салыстыруға болмайды. Зияткерлік жүйені құру қазіргі қазақстандық ғылымның кезек күттірмейтін міндеті болып табылады және кез-келген адамның іс-әрекетінде туындайтын білім деңгейі мен сапасын бағалау мен тексеру қажеттілігімен байланысты.

Түйін сөздер: интеллектуалды жүйе, компоненттер, сервер, клиент, басқару бөлімі, деректер қоймасы, мәліметтер базасы, пайдаланушы, мәліметтер базасын басқару жүйесі, сәулет, көпмодульді, бағалау, білімді бақылау, бағдарлама, қабық, бағдарламалау тілі.

Кіріспе

Қазіргі уақытта білімді бағалау үшін көбінесе сараптамалық бағалау әдісімен жеке бағалаудың типтік схемасы қолданылады, мұнда білімді бағалауды сарапшы немесе сарапшылар тобы жүзеге асырады.

Бұл тәсілдің елеулі кемшіліктері бар [1]:

— әртүрлі мұғалімдер бір оқушының қабілеттерін әртүрлі жолдармен бағалай алатындығына негізделген субъективтілік;

— кең рейтингтік шкала болмауы;

— бағаланатын адамдардың шағын тобы аясында ғана мағынасы бар бағалаудың «орналасуы»;

— жаппай тестілеудің күрделілігі;

— тапсырма, әдетте, тақырыптың нақты білімін бағалауға мүмкіндік бермейтін барлық тақырыпты қамтымайды.

— Осыған байланысты тест нәтижелерін білімді объективті бағалау әдісі ретінде бағалау өзекті болып табылады.

Тестілеудің артықшылықтарының бірі – бұл әдістің жоғары формализмі, сондықтан күрделілікті азайту және білімді бағалау сапасын жақсарту үшін оны автоматтандыру мүмкіндігі.

1 Интеллектуалды жүйенің компоненттері (1 сурет):

1. Сервер – пайдаланушы сұраныстарын өңдеуге арналған бағдарламалық қабық.
2. Клиенттік бағдарлама – мәліметтерді орталықтандырылған сұратуға арналған бағдарламалық қабық.
3. Әкімшілік блок – мәліметтерді қосуға, өңдеуге, жоюға және беруге арналған бағдарламалық қабық.



1-сурет. Мультимодульдік сәулет

2 Сервер

2.1 MySQL-де құрылған деректер қоймасы

MySQL – көптеген танымал бағдарламалау тілдері (PHP, Java, Perl, C, C ++ және басқалары) қолдана алатын бағдарламалық жасақтама [7]. Бұл бағдарламалық қамтамасыз ету дерекқорға қосылуға, SQL сұрауларын жіберуге және жауап алуға (нәтижелер жиынтығы) мүмкіндік береді. MySQL - ДҚБЖ (мәліметтер қорын басқару жүйесі). MySQL Oracle корпорациясымен жасалады және қызмет етеді. Деректер қоймасы - мамандандырылған жүйенің жұмысын қамтамасыз ететін негізгі модуль [3]. Бұл модуль мәліметтерді сақтауға арналған. Деректер қоймасы үшін негізгі ақпарат көздері:

— әкімшілер мен тестерлер туралы мәліметтер;
— тест тапсырмалары мен жауаптарының мәліметтер базасы;
— толық тексеру үшін қажетті басқа мәліметтер.

2.2 Деректер қоймасын өңдеу бағдарламасы

Серверлік бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу үшін **Node.js.** платформасында **JavaScript** бағдарламалау тілі қолданылады.

JavaScript – бұл қарапайым синтаксисі, мамандандырылған кіріктірілген функционалдығы және объектілерді құруға минималды талаптары бар жеңіл бағдарламалау тілі. JavaScript - бұл веб-беттерге интерактивтілік пен жауаптылықты қосатын, платформалық, клиенттік, объектілік-бағытталған сценарийлерді бағдарламалау тілі. Node.js - бұл V8 қозғалтқышы негізінде негізделген бағдарламалық жасақтама платформасы (JavaScript кодын машина кодына аудару), ол JavaScript-ті жоғары мамандандырылған тілден жалпы мақсаттағы тілге айналдырады. **Node.js JavaScript-ке** оның API-де (C ++ тілінде жазылған) кіріс / шығыс құрылғыларымен әрекеттесу, басқа тілдерде жазылған басқа кітапханаларды қосып, оларға JavaScript кодынан қоңырау шалу мүмкіндігін қосады.

Node.js негізінен веб-сервер ретінде әрекет ететін серверде қолданылады [5].

Express.js – бұл JavaScript тілінде жазылған және Node.js жұмыс уақытында жұмыс істейтін танымал веб-жақтау [6].

3 Ұялы сервер

Raspberry Pi (2 сурет) – бұл бір тақталы компьютер, яғни, әдетте бөлек тақталарда орналасқан компьютердің әртүрлі бөліктері біреуінде берілген [2]. Сонымен қатар, бұл тақтаның өлшемі салыстырмалы түрде кішкентай - шамамен 8,5 * 5,5 см.Сауда атауы таңқурай - таңқурай және Pi – Pi санын біріктіреді. Таңқурайдың бейнесі жобаның логотипіне айналды. Таңқурай Pi үш вариацияда шығарылады: A, A +, B және B +.



1-сурет. Raspberry Pi

4 Клиент бағдарламасы

Серверлік бағдарламалық қамтамасыздандырудың сұранысы Клиенттік бағдарламалық жасақтаманы әзірлеу үшін **Node.js.** платформасында **JavaScript** бағдарламалау тілі қолданылады.

Node.js – бұл V8 қозғалтқышы негізінде негізделген бағдарламалық жасақтама платформасы (JavaScript кодын машина кодына аудару), ол **JavaScript**-ті жоғары мамандандырылған тілден жалпы мақсаттағы тілге айналдырады. **Node.js JavaScript**-ке оның API-де (C ++ тілінде жазылған) кіріс / шығыс құрылғыларымен әрекеттесу, басқа тілдерде жазылған басқа кітапханаларды қосып, оларға **JavaScript** кодынан қоңырау шалу мүмкіндігін қосады.

5 Әкімшілік блок

Әр түрлі пайдаланушылардың ақпаратқа қол жеткізу құқығын саралауға арналған және мәліметтер қорын басқаруға мүмкіндік береді. Бұл блокты қолдана отырып, жүйелік әкімші пайдаланушылар тізімін жүргізеді (пайдаланушыларды сәйкестендіру және аутентификация), пайдаланушыға берілген мәртебеге байланысты объектілермен жұмыс істеу мүмкіндігін шектейді [8].

Біз администратор панелінің парағына қызмет ететін қарапайым контроллер жасаймыз.

Файл */controllers/Admin.js*:

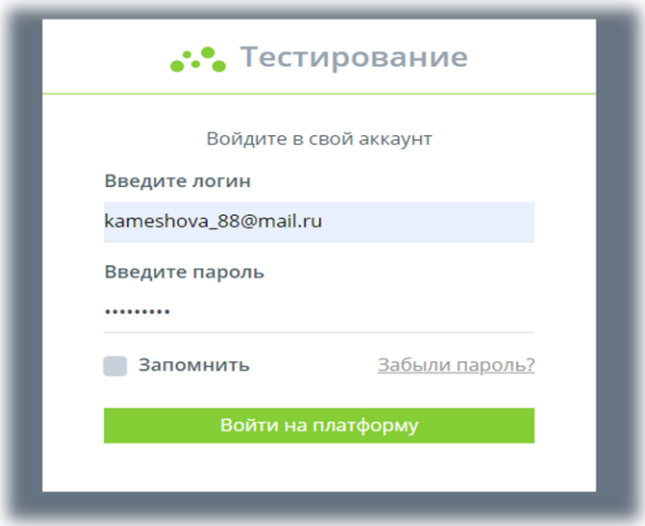
```
var BaseController = require("./Base"),
   View = require("../views/Base");
module.exports = BaseController.extend({
   name: "Admin",
   run: function(req, res, next) {
      var v = new View(res, 'admin');
      v.render({
         title: 'Administration',
         content: 'Welcome to the control panel'
      });
   }
});
```

Алдын-ала жазылған контроллерлер мен көріністердің негізгі кластарын қолдана отырып, біз басқару панеліне кіру нүктесін жасаймыз. View классы шаблон файлының атауын қабылдайды. Жоғарыдағы кодқа сәйкес файл admin.hjs деп аталуы керек және / templates каталогына орналастырылуы керек. Оның мазмұны келесідей болады:

```
<!DOCTYPE html>
<html>
   <head>
      <title>{{ title }}</title>
      <link rel='stylesheet' href='/stylesheets/style.css' />
   </head>
   <body>
      <div class="container">
         <h1>{{ content }}</h1>
      </div>
   </body>
</html>
```

Енді контроллер көрінетін болуы үшін app.js сайтына бағыт қосу керек:

```
var Admin = require('./controllers/Admin');
...
var attachDB = function(req, res, next) {
   req.db = db;
   next();
};
...
app.all('/admin*', attachDB, function(req, res, next) {
   Admin.run(req, res, next);
});
```



2 сурет. Пайдаланушы авторизациясы

Қорытындылар:

Білім деңгейі мен сапасын бағалау мен тексеру қажеттілігі кез – келген адамның іс-әрекетінде туындайды. Тестілеу дегеніміз - сапаны бақыланатын параметрлері бар автоматтандырылған бақылау жүргізудің технологиялық тұрғыдан дамыған түрлерінің бірі. Бұл мағынада білімді бақылаудың белгілі бір формасын тестпен салыстыруға болмайды.

Жақында компьютерлік технологияның кеңінен енгізілуімен білімді бақылау мәселесінің шешімі сапалы жаңа деңгейге жетті. Негізінен жоғары оқу орындарында жүргізілген эксперименттер компьютерлік білімді басқару жүйесінің жоғары тиімділігі мен маңыздылығын айқын көрсетті. Компьютерлік тестілеудің жоғарыда аталған артықшылықтары тексерудің бұл нысаны білімді басқарудың толықтығы, сенімділігі және көп қырлы деңгейін жоғарылатудың оңтайлы құралдарының бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Люгер Д. “Искусственный интеллект” М.: Мир, 2003. 690 с.

[2] Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. “Базы знаний интеллектуальных систем” СПб: Питер, 2001. 384 с.

[3] Прохорова А.М.”Советский энциклопедический словарь” М.: Советская энциклопедия, 1983. 1600 с.

[4] Цит. по Аверкин А. Н., Гаазе-Рапопорт М. Г., Поспелов Д. А. Толковый словарь по искусственному интеллекту. М.: Радио и связь, 1992. -256с.

[5] Лисьев Г.А., Попова И.В. Технологии поддержки принятия решений. — 2-е издание, стереотипное. — М.: Издательство «ФЛИНТА», 2011. — 133 с. — ISBN 978-5-9765-1300-6.

[6] Ивлева Елена Владимировна. Разработка и исследование интеллектуальных контролирующих систем с настраиваемой нечеткой экспертной подсистемой выставления оценок : Дис. ... канд. техн. наук : 05.13.11 Рязань, 2004 177 с. РГБ ОД, 61:04-5/2818

[7] Мурзагелдина А.Б., Құралбаева Т.М. Робот жүйелерінің элементтерін сынауға арналған сараптамалық жүйелер. - «Қоғамды ақпараттандыру» конференциясының материалдары. 2010.399-401 б.

[8] Kudryavtsev V.B., Gasanov Y.Y., Podkolzin A.S. Introduction to the theory of intelligent systems. M .: Publishing House of the Moscow State University, Faculty of CMC 2006, 39 p.

Бримжанова С.С., Атанов С.К., Молдамурат Х., Байхадамова З.М.

Компоненты интеллектуальной системы оценки и контроля знаний

Резюме. В настоящий момент тестирование является одной из наиболее технологичных форм проведения автоматизированного контроля с управляемыми параметрами качества. В этом смысле ни одна из известных форм контроля знаний с тестированием сравниться не может. Создание интеллектуальной системы является актуальной задачей современной казахстанской науки и обусловлено необходимостью в оценке и проверке уровня и качества знаний возникает в любой деятельности человека.

Ключевые слова: интеллектуальная система, компоненты, сервер, клиент, блок администрирования, хранилище данных, база данных, пользователь, система управления базой данных, архитектура, многомодульная, оценка, контроль знаний, программа, оболочка, язык программирования.

УДК 628.38

N.K. Bulatov[1], O.Sh. Orazov[1], Zh.T. Bulatova[1], A.B. Akhmetzhanova[1]
([1]A.Myrzakhmetov Kokshetau university, Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, ondasin_1994@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru, jnkt@mail.ru)

DETERMINATION OF THE EFFECTIVE RATIO OF AEROBIC AND ANAEROBIC FLOWS ON A PILOT SAMPLE OF A BIOGAS PLANT

Abstract. Analysis of the efficiency of methane production by groups of microorganisms in anaerobic processes has shown that its formation depends on the ratio of substrates, the rate of formation of volatile fatty acids, their ratio and concentration, and the pH value of the medium. The use of different types of waste requires the use of a group of microorganisms adapted to the substrate, since the metabolites of some microorganisms are the nutrients of others, which increases the yield of the final product. The problem is based on the fact that the rate of doubling of hydrolytic microorganisms is much higher than the doubling of methanogens, respectively, the formation of carbon monoxide (IV) and low-molecular organic acids occurs faster than the formation of methane from them and is associated with a decrease in pH, which negatively affects the life of methanogens and affects the rate of methane formation [1]. The purpose of this study is to analyze the process of methane production depending on the rate of acetic acid formation and changes in the pH value by adding water from aerobic and anaerobic reactors during fermentation in a biogas plant.

Key words: Biogas, production, fermentation, plant, methane, biogas plant.

Н.К. Булатов[1], О.Ш. Оразов[1], Ж.Т. Булатова[1], А.Б. Ахметжанова[1]
([1]Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Республика Казахстан,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, ondasin_1994@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru, jnkt@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ ПОТОКОВ НА ОПЫТНОМ ОБРАЗЦЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. Анализ эффективности производства метана группами микроорганизмов в анаэробных процессах показал, что его образование зависит от соотношения субстратов, скорости образования летучих жирных кислот, их соотношения и концентрации, величины pH среды. Использование различных видов отходов требует использования группы микроорганизмов, адаптированных к субстрату, так как метаболиты одних микроорганизмов являются питательными веществами других, что повышает выход конечного продукта. Постановка проблемы основано на том, что скорость удвоения гидролитических микроорганизмов значительно больше, чем удвоение метаногенов, соответственно, образование оксида углерода (IV) и низкомолекулярных органических кислот происходит быстрее, чем образование из них метана и сопутствуют к снижению pH, что отрицательно сказывается на жизнедеятельности метаногенов и влияет на скорость образования метана [1]. Целью настоящего исследования является анализ процесса получения метана в зависимости от скорости образования уксусной кислоты и изменения величины pH путем добавления вод с аэробных и анаэробных реакторов в процессе ферментации в биогазовой установке.

Ключевые слова: Биогаз, производство, ферментация, установка, метан, биогазовая установка.

ВВЕДЕНИЕ

Биологическая деструкция органических соединений для эффективного метнообразования обуславливается преобразованием их в уксусную кислоту или CO_2. При превращения уксусной кислоты в метан, образуется CO_2, а для метанообразвания требуется молекулярный водород. Образование уксусной кислоты и CO_2 приводит к снижению pH. Образованная углекислота снижает pH до 4, а уксусная кислота – до 4,5. При этом учитываем, что полная остановка жизнедеятельности метаногенных бактерий происходит при pH = 5,5 и их гибель при pH = 3.

При конверсии высокомолекулярных веществ образуются летучие жирные кислоты, соотношение которых зависит от условий процесса и соотношения микроорганизмов в группе [2]. Преимущество некоторых из них в обмене веществ определяется факторами окружающей среды, в том числе pH. Количественный выход энергии, который может быть получен в процессе метаногенеза, зависит от используемого субстрата. Чаще всего метаногенные микроорганизмы получают энергию с помощью водорода [3].

И наоборот, при достижении pH до 6,5 замедляется процесс метаногенеза. В результате чего происходит накопление уксусной кислоты, проводящая к образованию не подходящих субстрат в виде других кислот для образования метана [4]. Этот процесс увеличивает скорость гидролиза высокомолекулярных веществ, приводящая к увеличению количества низкомолекулярных веществ,

таких как пируват, глицеральдегид-3 – фосфат, формиат и др. [5]. При использовании пирувата при pH = 5-6, продуцируется водород с участием пируватных ферментов.

Для некоторых видов микроорганизмов окисляется не пируват, а глицеральдегидфосфат, фередоксиноксидоредуктазы, повышающие выход водорода и увеличивающие парциальное давление в среде. В кислой среде формиат также образуется энтеробактериями, эшерихиями, клостридиями, метанобревибактериями, стрептококками с участием: пирувата: формиат-лиазы [6].

Микроорганизмы видов: *Clostridium kluyveri, Clostridium butyricum, Clostridium Rasteurianum, Clostridium speroides, Clostridium glycoliticum и Ruminococcus albus, Peptostreptococcus anaerobicus, Selenomonas ruminantium* обеспечивают различные типы ферментации и способны продуцировать с зависимой гидрогеназой, а также водород при окислении, используя фередоксин оксидоредуктаза.

Водород образуется и вступает в реакцию с CO_2, количество которого увеличивается с окислением органических соединений и с образованием метана в результате реакции. Высокое парциальное давление водорода приводит к ингибированию гидрогеназы и, как следствие, снижению выработки водорода [7]. Кислая среда изменяет тип ферментации (метаболизма) микроорганизмов с использованием низкомолекулярных веществ на стадии ацидогенеза (второй этап) [8]. Кроме водорода, происходит образование нейтральных веществ, что приводит к повышению значения pH в процессе ферментации [9]. Повышение значения pH провоцирует образование метана. Достижение условий, близких к нейтральным, способствует образованию метана из уксусной кислоты, муравьиной кислоты, метанола и аминов.

При условии, что скорость метаболизма и роста гидролизующих и ацидогенных бактерий выше, чем метаногенных, процесс разложения высокомолекулярных соединений и образования кислот увеличивается, что приводит к снижению pH, то есть повторяемость процессов должна приводить к синусоидальной зависимости выхода биогаза [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За основу взят реактор с перемешиванием находящихся в нем веществ [11]. Благодаря статическому изотермическому процессу R_{ez} можно отметить, как описание материального баланса [12].

Рассмотрим непоточный реактор с мешалкой, в котором протекает реакция изотермического типа [13].

Концентрации компонентов в выходном потоке (моль/дм^3), константа скорости реакции, время пребывания в реакторе – 20 суток [14].

Общая стоимость образования рассматриваемых компонентов реакции, кинетическое соотношение которых соответствует данному механизму реакции [15].

Система линейных уравнений для заданной константы скорости реакции, времени пребывания и входной концентрации, получается концентрацией компонентов в выходном потоке [16]. Изотермический тепловой режим, обеспечиваемый теплопотреблением [17].

Для согласования размеров исходной информации все значения были представлены в системе СИ. Расчет проводился в среде MathCad.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Учитывая, что для создания эффективной технологии утилизации азотистых соединений в воде со стадии брожения необходимо иметь два потока, один из которых содержит ионы аммония, другой – нитрат и нитрит-ионы. Таким образом, для интенсификации процесса удаления азотистых соединений необходимо определить соотношение количества воды, которое будет проходить через стадию аэробной очистки воды после брожения навоза.

Для определения рационального соотношения потоков для удаления азотистых соединений воду разделяли на две части в различных соотношениях аэробной и анаэробной: 1:1, 2:1, 3:1, соответственно. Активный ил в стадии денитрификации добавляли к специально выращенной в питательной среде ассоциации обогащенных анаммокс-бактерий. В качестве аэрационного бака использовалась стеклянная емкость объемом 1,5 дм^3, с установленной мелкопузырчатой аэрацией с размером пор – 4 мм. Расход воздуха составлял 3,5 дм^3/мин при концентрации биомассы в аэробном реакторе 6-7 г/дм^3, с компрессором АТ-1500. Аэробный процесс воды после стадии обезвоживания сброженного остатка проводили в течение 18 ч, в течение которых каждые 15 мин измеряли концентрацию NH_4^+.

Динамика изменения концентрации NH_4^+ на стадии аэрации водой, которая была получена после ферментации птичьего помета макулатурой (1:1), показана на рисунке 1. Как видно из динамики изменения, быстрое снижение концентрации ионов аммония в воде после обезвоживания сброженной

биомассы наблюдается начиная с 2 ч до 30 мин воздействия в аэробных условиях. Это можно объяснить тем, что процесс удаления органических соединений осуществляется бактериями, которые присутствуют в активном иле. После этого происходит процесс окисления аммонийного азота.

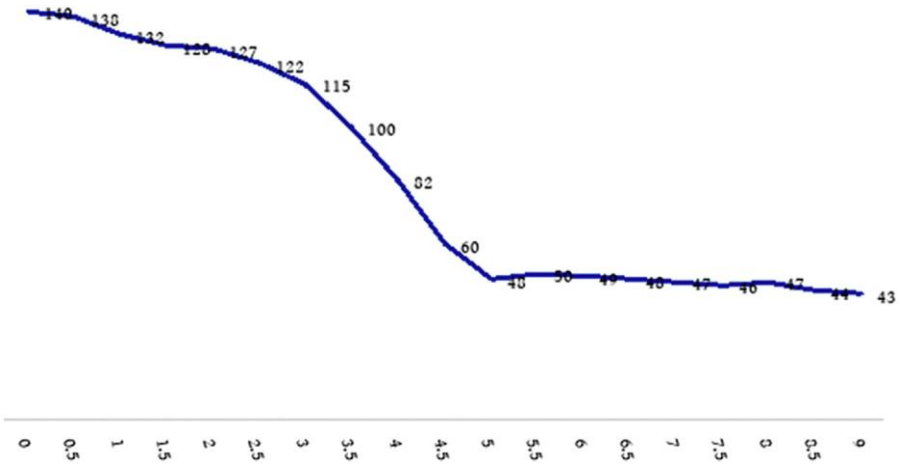


Рис. 1. Изменение концентрации ионов аммония с в зависимости от времени гидравлического удержания воды (т) при использовании воды после обезвоживания сброженной биомассы: бумаги и навоза в соотношении (1: 1)

После аэробной стадии, где происходит очистка от органических соединений и окисление ионов аммония, в реактор добавляют воду, содержащую массу активного ила, обогащенного анаммоксибактериями. Доза воды со стадии аэробной очистки составляла 1/2, 2/3, 3/4 рабочего содержания реактора денитрификации. Время гидравлического удержания воды в реакторе составляло 9 ч, содержание вещества-10-11 г/дм^3.

Изменение содержания аммонийного азота в результате очистки представлено на рисунке 2.

Из рисунка 2 видно, что коэффициент эффективности анаэробных и аэробных потоков равен: (1:1) – 65,6 ± 3,4%, (2:1) – 76,6 ± 3,8%, (3:1) – 61, 6 ± 3,1%. Эти результаты показывают, что наилучшим соотношением является соотношение (2:1). Количество нитрат- и нитрит-ионов, остающихся в воде, не повлияет на процесс брожения навоза при его повторном использовании. В этих условиях выход молекулярного азота в процессе ферментации будет увеличиваться за счет протекания реакций (19 ÷ 22) и активности денитрифицирующих микроорганизмов, содержащихся в анаэробном осадке. Результаты изменения динамики концентрации аммонийного азота при очистке воды после обезвоживания сброженного навоза после субстратного сбраживания навоза с соломой в соотношении компонентов 1:1 представлены на рисунке 3.

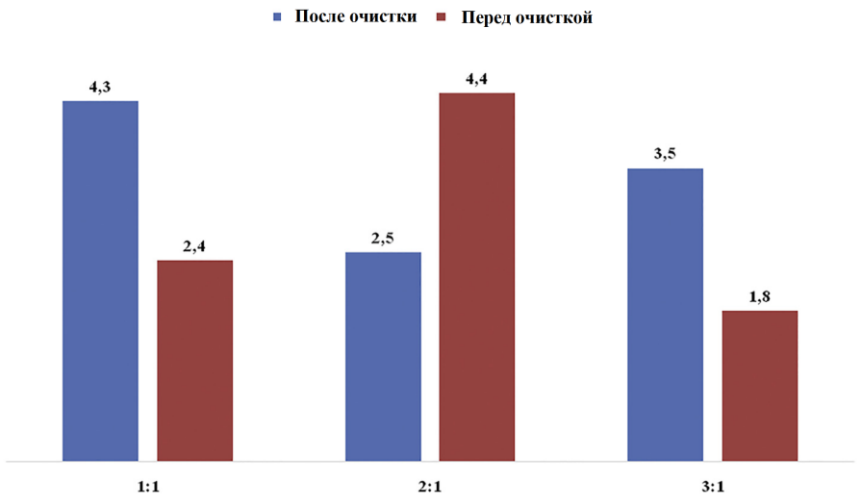


Рис. 2. Изменение концентрации аммония с после очистки воды после дегидратации сброженной биомассы (навоз/бумага в соотношении 1: 1) при различном соотношении аэробных и анаэробных потоков

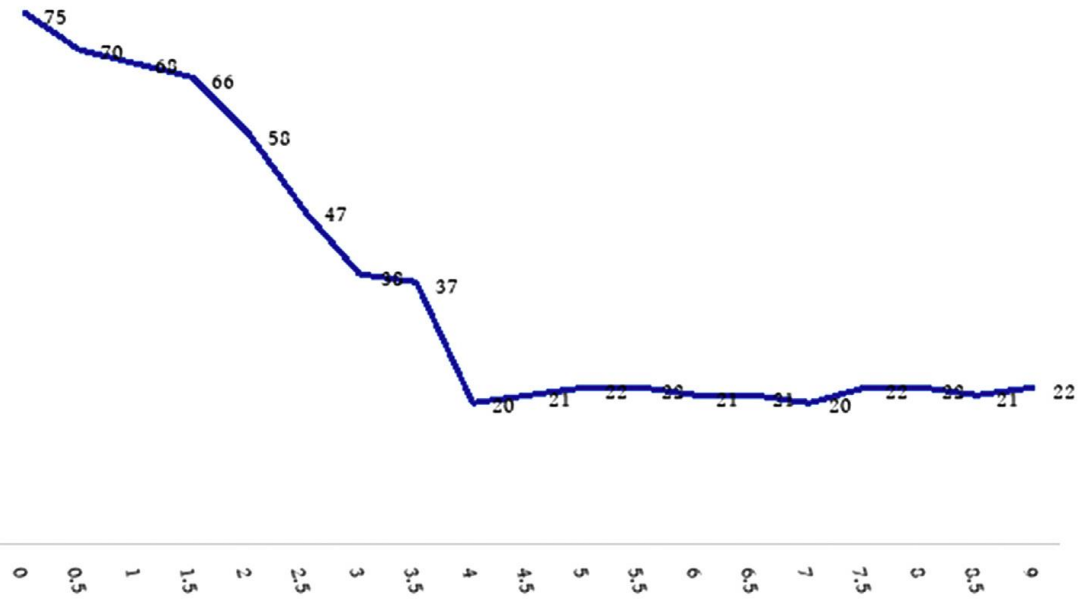


Рис. 3. Изменение концентрации аммонийного азота *C* в зависимости от времени гидравлического удержания воды (*t*) при использовании воды после обезвоживания сброженной биомассы навоз-соломы – (1:1)

Сравнение динамики изменения концентрации ионов аммония при использовании воды на стадии обезвоживания сброженного навозного остатка с бумажными отходами (рисунок 1) с помощью этой диаграммы следует отметить, что снижение концентрации аммонийного азота наблюдается после 1-го часа и 45 мин воздействия. Такая закономерность может быть объяснена меньшим количеством окисляющих соединений на треске, чем при использовании навоза с бумагой в качестве субстрата. Высокая концентрация ионов аммония, находящихся в воде, может отрицательно влиять на жизнедеятельность микроорганизмов в группе и тормозить процесс превращения органических соединений, предшествующий процессу нитрификации.

На рисунке 4 показано содержание ионов аммония в воде при очистке после обезвоживания сброженной биомассы навоза и соломы в денитрифицирующем ферментере с гидравлическим временем выдержки 18ч и одинаковыми соотношениями аэробных и анаэробных потоков.

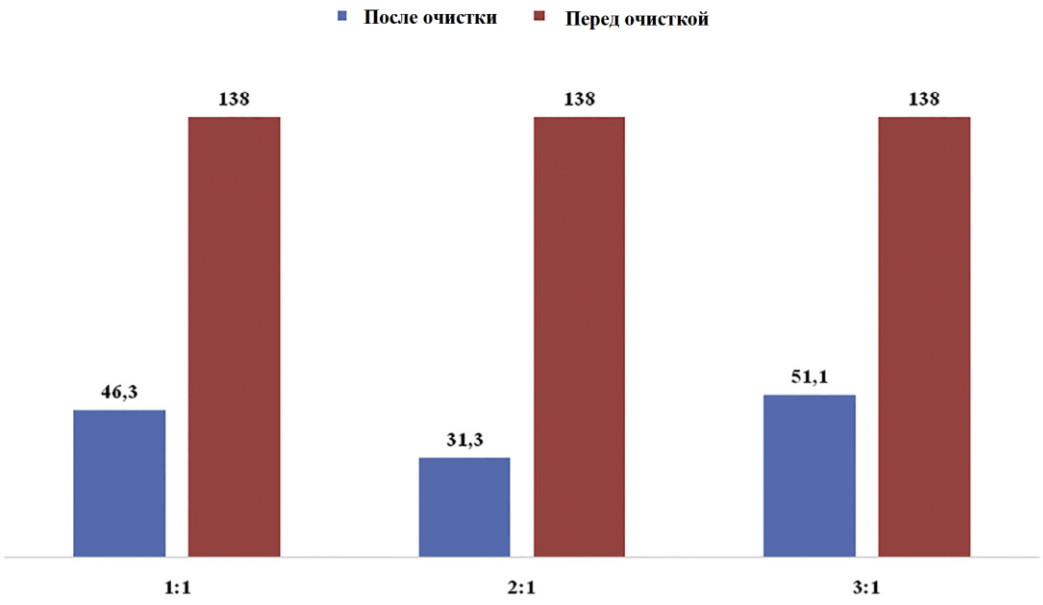


Рис. 4. Изменение концентрации аммония с после очистки воды после обезвоживания сброженной биомассы в процессе брожения навозно-соломенного субстрата в соотношении (1:1) при различном соотношении аэробных и анаэробных потоков

Эффективность утилизации ионов аммония в соотношении аэробных и анаэробных потоков соответствует: (1:1) – 66,5 ± 3,3%, (2:1) – 77,3 ± 3,9%, (3:1) – 63,0 ± 3,2%. Степень очистки от ионов аммония в пределах погрешности для системы навоз-солома не отличается от системы навоз-бумага, что свидетельствует об обоснованности выбранной методики очистки и ее эффективности при различных концентрациях ионов аммония. Оптимальное соотношение аэробных и анаэробных потоков составляет (2:1). При таких условиях, по данным хроматографического анализа, содержание азота в биогазе, получаемом в денитрифицирующем реакторе, достигает 30%, что свидетельствует о том, что процесс очистки анаммоксовой воды проходит после обезвоживания сброженной биомассы.

Динамика изменения концентрации ионов аммония при очистке воды после обезвоживания сброженной биомассы капельным навозом с отходами конопли в соотношении (1:1) показана на рисунке 5. Поскольку при использовании конопли в качестве субстрата концентрация органических веществ достигает 1800 мг O_2/дм^3 для трески, соответственно, окисление ионов аммония начинается после длительного периода пребывания воды в аэробном реакторе, а именно после 4 ч воздействия в аэробных условиях. Такая реакция системы коррелирует с данными других авторов, которые утверждают, что при очистке воды с активным илом в аэробном процессе происходит сначала утилизация органических веществ, а затем окисление аммонийного азота, то есть процесс нитрификации.

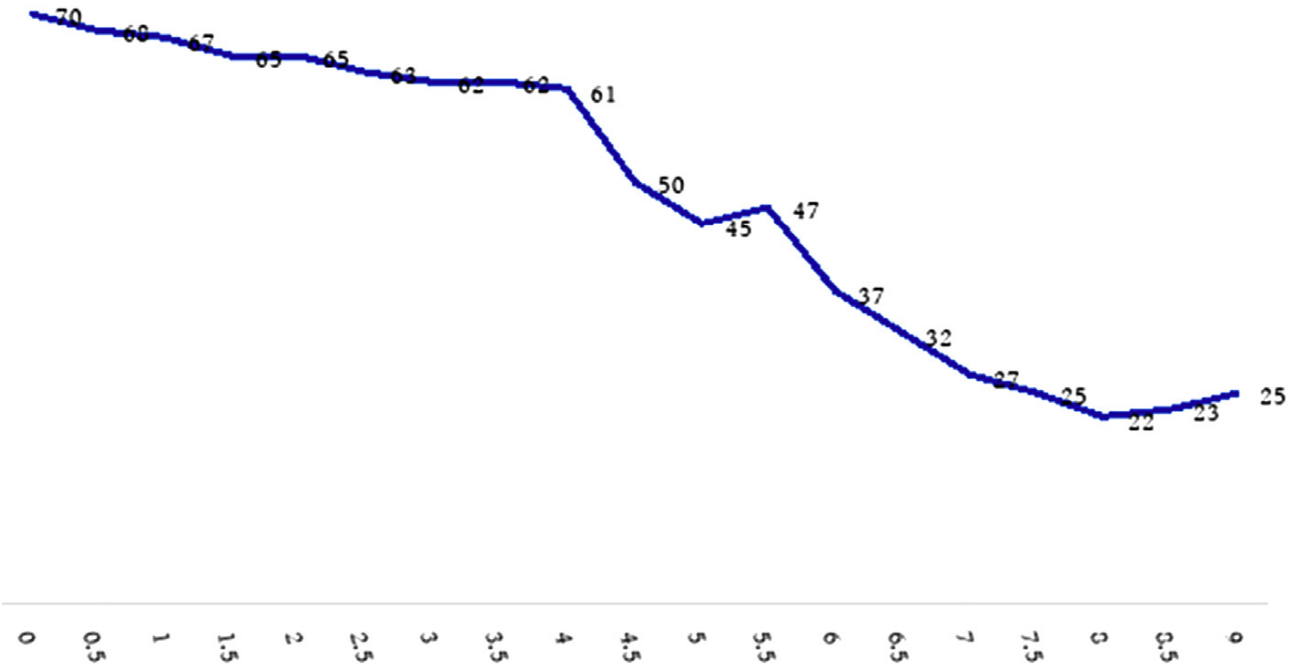


Рис. 5. Изменение концентрации ионов аммония с зависящим от времени гидравлическим содержанием воды (t) в аэробном реакторе при использовании воды после обезвоживания сброженного остатка от сбраживания отходов конопли (соломы, травы)

При одинаковом времени удержания воды от обезвоживания сброженной биомассы в реакторе, где происходит процесс денитрификации, для воды, образующейся при обезвоживании сброженного остатка при сбраживании навоза бумагой или коноплей, степень очистки от ионов аммония также одинакова, о чем свидетельствуют данные, приведенные на рисунках 6 и 7.

Из рисунка 6 видно, что эффективность очистки воды от ионов аммония при соотношении аэробных и анаэробных потоков равна: (1:1) – 61,7 ± 3,1%, (2:1) – 74,8 ± 3,7%, (3:1) – 58,4 ± 2,9%, а рациональное соотношение потоков – это (2:1).

На рисунке 7 представлена эффективность очистки воды после обезвоживания сброженной биомассы из всех ферментационных систем от органических соединений осадков и азотистых соединений с использованием предложенной аэробно – анаэробной технологии с использованием анаммокс-бактерий в реакторе и разделением потока в аэробно-анаэробном соотношении 2:1.

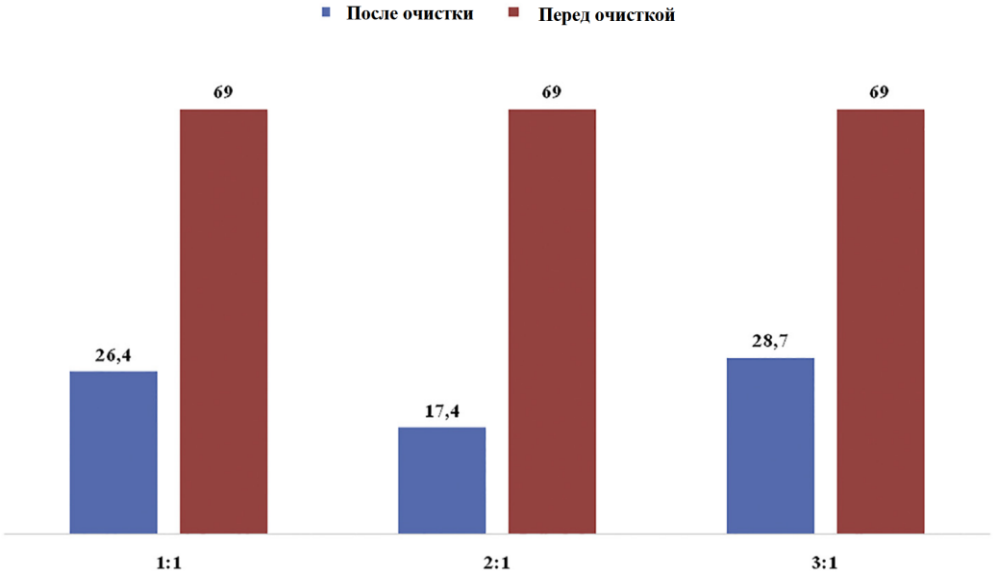


Рис. 6. Изменение концентрации аммония с после очистки воды от сбраживания навоза с отходами конопли (1: 1) при различных соотношениях аэробных и анаэробных потоков

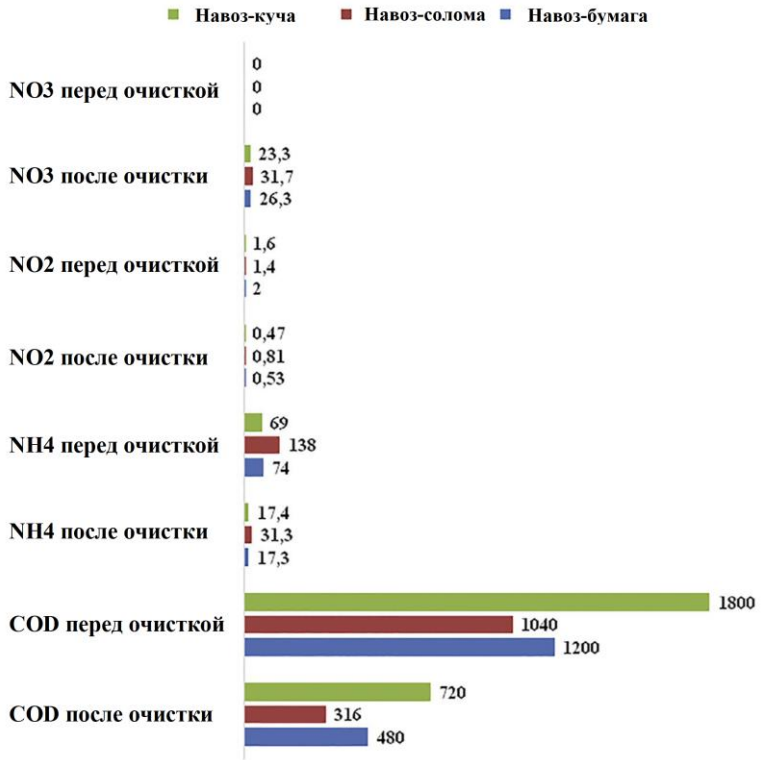


Рис. 7. Показатели воды после обезвоживания сброженной биомассы (ХПК) и с (NH_4^+, NO_2^-, NO_3^-) до и после очистки аэробно-анаэробным методом при разделении потоков в соотношении 2:1 с разницей гидравлического удержания воды в анаэробном реакторе

Как видно из рисунка 7, степень очистки воды от органических веществ зависит от времени гидравлического удержания в анаэробном реакторе. Тогда рециркуляция органических веществ не зависит от времени удержания в аэробном реакторе, так как сначала происходит их окисление, а затем окисление ионов аммония. При увеличении концентрации органических веществ необходимо увеличить время удержания воды после обезвоживания сброженного остатка в аэробном реакторе для более глубокого процесса нитрификации. При увеличении концентрации ионов аммония в воде необходимо увеличивать время удержания воды в реакторе.

Поэтому определенные соотношения аэробного и анаэробного процессов позволяют снизить содержание аммонийного азота до 78% за 27 ч содержания воды после обезвоживания сброженной биомассы в аэробных и анаэробных реакторах при ее начальной концентрации – 70 мг/дм^3. Увеличение концентрации ионов аммония приводит к увеличению времени пребывания воды в анаэробном реакторе.

Экспериментально установлено разумное соотношение аэробных и анаэробных потоков – 2:1 для максимального использования ионов аммония. Эффективность очистки при этом соотношении достигает 78,1 ± 3,9%. Установлено, что гидравлическое время работы аэробного реактора зависит от концентрации органических веществ в воде после обезвоживания сброженной массы и увеличивается на 1 ч при увеличении содержания ХПК на 600 мг O_2/дм^3. Увеличение содержания ионов аммония удваивает продолжительность гидравлического удержания воды в анаэробном реакторе в 1,5-1,7 раза в зависимости от содержания в среде органических веществ, участвующих в восстановлении нитратов.

Статья опубликована по проекту грантового финансирования МОН РК на 2018-2020 годы № AP05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Straus Ch., Vetter A., von Felde A. Biogas production and energy crops. // Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. – New York: Springer New York, 2012. – P. 1097–1145.

[2] Beltramo T., Theuerl S., Klocke M., Hitzmann B. Estimation of the biogas production rate, a chemometrical approach. // J. Cheminf. – 2014. – Vol. 6 (1). – P. 26.

[3] Basri M.F. Improved biogas production from palm oil mill effluent by a scaled-down anaerobic treatment process. // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2010. – Vol. 26(3). – P. 505–514.

[4] Gribust I. Regulation of the state of plantings in the anthropogenically transformed territories: the principle of dendrological diversity. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2).– P. 11–21.

[5] Sounni F. Electrocoagulation of olive mill waste waters to enhance biogas production. // Biotechnol. Lett.– 2018. – Vol. 40(2). – P. 297–301.

[6] O'Riordan K. Grass for biogas production - anaerobic methane production from five common grassland species at sequential stages of maturity. // Breeding Strategies for Sustainable Forage and Turf Grass Improvement. – Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. – P. 383–388.

[7] Bolong N., Asri H.A., Ismail N.M., Saad I. Effect of seaweed physical condition for biogas production in an anaerobic digester. // Anaerobic Digestion Processes: Applications and Effluent Treatment. – Singapore: Springer Singapore, 2018. – P. 165–175.

[8] Kolchakov V. Possibilities for biogas production from waste-potential, barriers, and legal notices. // Energy Solutions to Combat Global Warming. – Cham: Springer International Publishing, 2017. – P. 181–191.

[9] Kim M-J., Kim S-H. Evaluation of biogas production performance during the anaerobic digestion of lipids with four or more double bonds. // J. Biosyst. Eng. – 2019. – Vol. 23(1). – P. 37–40.

[10] Belitskaya M. Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 1–10.

[11] Getahun T. The potential of biogas production from municipal solid waste in a tropical climate. // Environ. Monit. Assess. – 2014. – Vol. 186(7). – P. 4637–4646.

[12] Kruzhilin S., Baranova T., Mishenina M., Zaitseva M. Regional specificity creation of protective afforestations along highways. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 22–32.

[13] Lourinho G., Brito P.S.D., Rodrigues L.F. Experimental biogas production and biomethane potential of swine wastewater among different production stages. // Innovation, Engineering and Entrepreneurship. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 675–681.

[14] Kushchev L.A., Okuneva G.L., Suslov D.Yu., Gravin A.A. Modeling biogas production in bubbling bioreactors. // Chem. Petrol. Eng. – 2012. – Vol. 47(9). – P. 613–618.

[15] Ince B. Effect of oxytetracycline on biogas production and active microbial populations during batch anaerobic digestion of cow manure. // Bioproc. Biosyst. Eng. – 2013. – Vol. 36(5). – P. 541–546.

[16] Pollmann O., Podruzsik S., van Rensburg L. Risks and opportunities of sustainable biomass and biogas production for the African market. // Human and Environmental Security in the Era of Global Risks: Perspectives from Africa, Asia and the Pacific Islands. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 277–289.

[17] Muske A. N., Venkateswara Rao P. Evaluation of biogas production potential by anaerobic co-digestion with substrate mixture of fruit waste, lawn grass, and manures. // Water Resources and Environmental Engineering II. – Singapore: Springer Singapore, 2019. – P. 91–99.

Болатов Н.Қ., Оразов О.Ш., Болатова Ж.Т., Ахметжанова А.Б.

Биогаз қондырғысының тәжірибелік үлгісінде аэробты және анаэробты ағындардың тиімді арақатынасын анықтау.

Түйіндеме. Анаэробты процестердегі микроорганизмдер топтарының метан өндірісінің тиімділігін талдау оның түзілуі субстраттардың қатынасына, ұшпа май қышқылдарының түзілу жылдамдығына, олардың қатынасы мен концентрациясына, ортаның pH мөлшеріне байланысты екенін көрсетті. Қалдықтардың әртүрлі түрлерін қолдану субстратқа бейімделген микроорганизмдер тобын қолдануды қажет етеді, өйткені кейбір микроорганизмдердің метаболиттері басқалардың қоректік заттары болып табылады, бұл соңғы өнімнің шығуын арттырады. Мәселенің тұжырымы гидролитикалық микроорганизмдердің екі еселену жылдамдығы метаногендердің екі еселенуіне қарағанда едәуір үлкен екендігіне негізделген, сәйкесінше көміртегі оксиді (IV) және төмен молекулалы органикалық қышқылдардың түзілуі олардан метанның түзілуіне қарағанда тезірек жүреді және pH төмендеуімен бірге жүреді, бұл метаногендердің тіршілігіне теріс әсер етеді және метанның түзілу жылдамдығына әсер етеді [1]. Бұл зерттеудің мақсаты-биогаз қондырғысында ашыту процесінде аэробты және анаэробты реакторлардан су қосу арқылы сірке қышқылының түзілу жылдамдығына және pH мөлшерінің өзгеруіне байланысты метан алу процесін талдау.

Түйінді сөздер: Биогаз, өндіріс, ферментация, қондырғы, метан, биогаз қондырғысы.

УДК 628.38

N.K. Bulatov[1], K.S. Kasymzhanova[1], Zh.T. Bulatova[1], A.A. Mukashev[1]
([1]A.Myrzakhmetov Kokshetau university, Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, kasymzhanovak@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

DETERMINATION OF OUTPUT PARAMETERS OF AN EXPERIMENTAL BIOGAS PLANT WITH AN OPTIMAL SYSTEM OF MIXING AND CIRCULATION OF BIOMASS

Abstract. The relevance of the study of the stability of models of fermentation processes is based on the fact that with small changes in temperature in the bioreactor, the performance of the biogas plant changes significantly. This phenomenon is typical for all biotechnological processes, including the production of biogas, since the optimal temperature range is quite narrow. It is obvious that the task of creating and forming fertilizer processing should be practically waste-free technology. The scientific and practical significance of research is determined by the form and model of decomposition of biomass, provided that the research results are integrated into the design of the plant, which will ensure the development of anaerobic fermentation.

Key words: anaerobic methane fermentation, organic matter, substrate, environmental effect.

Н.К. Булатов[1], К.С. Касымжанова[1], Ж.Т. Булатова[1], А.А. Мукашев[1]
([1]Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Республика Казахстан,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, kasymzhanovak@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ С ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ЦИРКУЛЯЦИИ БИОМАССЫ

Аннотация. Актуальность исследования устойчивости моделей процессов ферментации основана на том, что при небольших изменениях температуры в биореакторе производительность биогазовой установки существенно меняется. Это явление характерно для всех биотехнологических процессов, включая производство биогаза, так как оптимальный температурный диапазон достаточно узок. Очевидно, что задачей создания и формирования при переработке удобрений должна быть практически безотходная технология. Научная и практическая значимость исследований определяется формой и моделью разложения биомассы при условии, что результаты исследований интегрированы в конструкцию установки, которая обеспечит развитие анаэробного брожения.

Ключевые слова: анаэробное метановое брожение, органическое вещество, субстрат, экологический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из недостатков не индустриального производства биогаза является то, что биогаз неравномерно распределяется на свалках, так как его производство значительно замедляется зимой [1]. Этот способ производства биогаза, помимо энергетического биогаза, также оказывает влияние на охрану окружающей среды - обеспечение чистоты воздуха и предотвращение загрязнения подземных вод [2]. Маломощные биогазовые установки наиболее распространены в Китае [3], Индии и Непале в регионах с теплым климатом [4, 5]. Такая установка может быть установлена в любом хозяйственном дворе, есть коровы, свиньи, куры и тому подобное [6, 7]. Кроме того, кухонные отходы, трава, садовые и огородные отходы используются с навозом или мусором [8 ÷ 11]. Место строительства маломощной биогазовой установки выбирается ниже уровня замерзания, непосредственно под животноводческим помещением [12].

Маломощные биогазовые установки являются самыми простыми по конструкции и, как правило, не требуют дополнительного использования смесительных и нагревательных устройств [13]. Сырье поступает в реактор самотеком [14]. Бункер для сбора сброженной массы соединен с реактором, который выполняет роль компенсирующего корпуса реактора таким образом, что масса сброженного сырья совпадает с загрузочной дозой свежей порции сырья [15]. Отсутствие системы перемешивания субстрата приводит к необходимости остановки процесса очистки от загрязнений в нижней части реактора гораздо чаще, чем для установок, где эта система предусмотрена [16].

Подавляющее большинство экспериментальных исследований по производству биогаза проводится в реакторах периодического действия. В то же время промышленные биогазовые установки работают непрерывно. Для определения выхода метана в непрерывном реакторе используем методику, адаптированную к конденсатосодержащим субстратам. Методика перехода от экспериментальных результатов выхода метана в реакторе периодического действия к моделированию прогнозируемых результатов выхода метана в реакторе непрерывного действия заключается в том, что на основе полученных экспериментальных данных можно определить кинетические параметры ацетокластического метаногенеза. Выход метана в непрерывном режиме определяется по соотношению между выходом метана в непрерывном и периодическом режимах для конденсатсодержащего субстрата и субстрата, не содержащего конденсата.

Решающую роль в процессе метанообразования играет ацетокластическая микробная популяция. Таким образом, он превращает промежуточный продукт метаболизма - ацетат в метан, углекислый газ и воду. Кинетическими параметрами ацетокластического метаногенеза являются максимальная скорость роста и константа полунасыщения ацетокластической микробной популяции. Оценим кинетические параметры ацетокластического метаногенеза при условии, что содержание сухого вещества в субстрате составляет 8% для двух случаев: для субстрата, состоящего из коровьего навоза (обозначим СМ); для конденсатосодержащего субстрата, в котором массовая доля конденсата в субстрате составляет 8% (обозначим СС). В таблице 1 представлен состав исследуемых субстратов.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методика определения кинетических параметров ацетокластического метаногенеза включает: определение массовой концентрации ацетата в субстрате по фактическим значениям динамики выхода метана; определение значений константы полунасыщения и максимальной скорости роста графоаналитическим методом.

Таблица 1. **Состав исследуемых субстратов**

Компоненты	СМ	СС
Коровий навоз, гр.	367.3	367.3
Вода, гр.	682.7	598.7
Древесный конденсат, гр.	0	84
Итого, гр.	1050	1050

Массовая концентрация ацетата в субстрате определялась в рамках таких допущений: начальная масса ацетата равна накопленному за весь период метану; 70% метана образуется ацетокластическим метаногенезом; коэффициент, учитывающий баланс непрореагировавшего ацетата, принимают 1,1; при разложении 1 г ацетата образуется 0,2538 г метана, согласно стехиометрическому уравнению для образования метана из ацетата.

Начальное значение массовой концентрации ацетата в подложке ($S\ A\ z$, 0) определяли по следующему уравнению:

$$S_{Az,0} = \frac{0{,}7 \cdot 1{,}1}{f_{CH_4,Az}} Y_{CH_4}, \quad (1)$$

где $f_{CH_4,Az}$ - метан, образующийся из 1 г ацетата. Будем считать, что $f_{CH_4,Az} = 0{,}2538g$. Для определения массовой концентрации ацетата в субстрате в любой момент времени (τ_{j+1}) используется рекуррентная зависимость:

$$S_{Az}(\tau_{j+1}) = S_{Az}(\tau_j) - \frac{0{,}7}{f_{CH_4,Az}} Y_{CH_4}(\tau_j). \quad (2)$$

На рисунке 3 показана динамика превращения ацетата в биогаз для СМ субстрата, при этом величина ацетата определялась по (1) и (2).

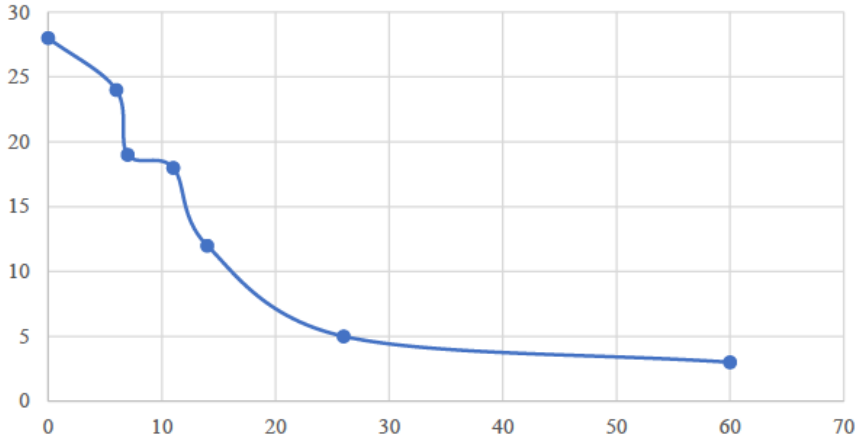


Рис. 3. Динамика превращения ацетата (АС) в биогаз для субстрата СМ

Значение константы полунасыщения и максимальной скорости роста ацетатметаногенных бактерий для субстрата СС определяли графоаналитическим методом. Зависимость превращения ацетата в биогаз была построена в новой системе координат, как показано на рисунке 4.

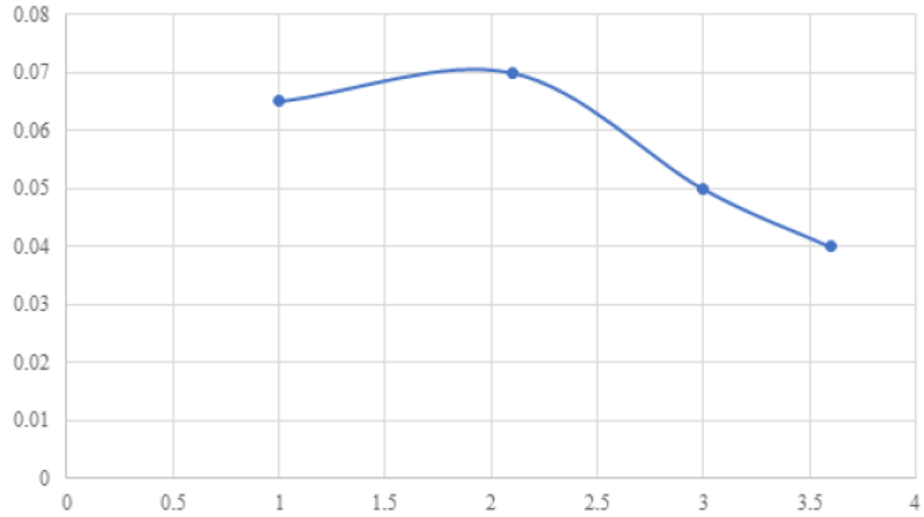


Рис. 4. Конверсия ацетата (АС) в биогаз для субстрата СС в системе координат $\left(S - \ln\left(\frac{S}{S_0}\right)/\tau\right)$

Отношения между $-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)/\tau$ и S аппроксимируется линейной функцией $y = -0{,}0085x + 0{,}0754$. Максимальная скорость роста (K_m) и постоянная полунасыщения (K_s) ацетокластической микробной популяции были найдены путем решения системы алгебраических уравнений:

$$y(0) = K_m,\ y(K_S) = \frac{K_m}{2}. \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Подставляя значение линейной функции в точке 0 и решая систему (3), обнаружили, что максимальная скорость роста ацетокластической микробной популяции составляет 0,075 сут$^{-1}$, а константа полунасыщения 4,69 г/дм^3. Аналогичная кривая была построена для превращения ацетата в биогаз в системе координат S для субстрата СС (рис. 5)

В этом случае связь между $-\ln\left(\frac{S}{S_0}\right)/\tau$ и S были аппроксимированы двумя линейными функциями, которые соответствуют росту микробных популяций на ацетате для коровьего навоза и конденсата соответственно. Составив и решив систему алгебраических уравнений для определения максимальной скорости роста и константы полунасыщения ацетокластической микробной популяции для субстрата см, мы получили: максимальная скорость роста и константа полунасыщения ацетокластической микробной популяции для роста на коровьем навозе составляет 0,0643 сут$^{-1}$ и 26,8 г/ дм^3 соответственно.; для роста на конденсате это 0,0487 сут$^{-1}$ и 30,4 г/ дм^3 соответственно.

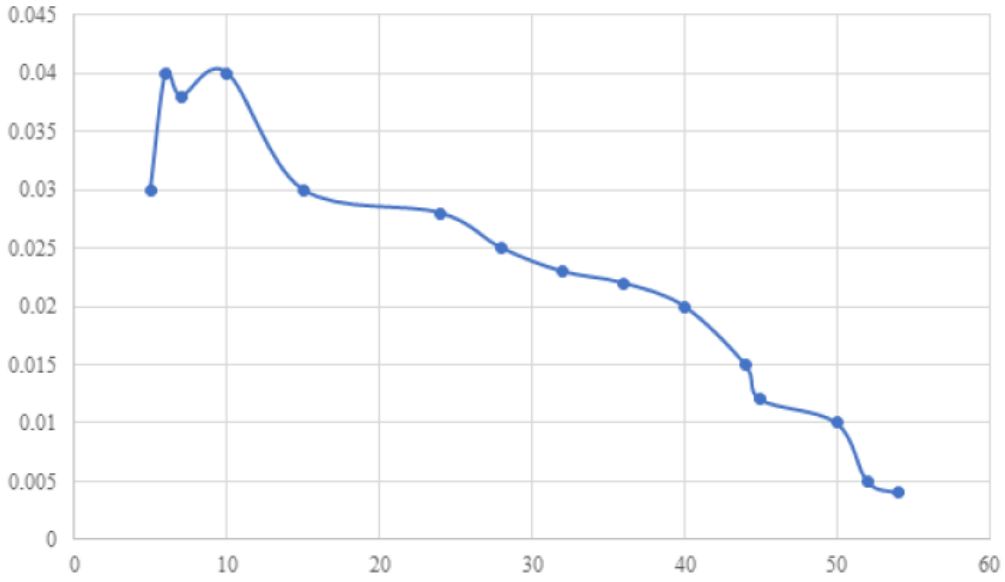


Рис. 5. Динамика превращения ацетата (АС) в СМ-подложке в системе координат $\left(S - \ln\left(\frac{S}{S_0}\right)/\tau\right)$

Преобразование субстрата и рост микробной популяции в непрерывном режиме описываются следующей системой дифференциальных уравнений:

$$\frac{dS}{d\tau} = -k\frac{\mu_{max}S}{K_S+S}X - \frac{Q}{V_P}(S - S_0), \quad (4)$$

$$\frac{dX}{d\tau} = \frac{\mu_{max}S}{K_S+S}X - \frac{Q}{V_P}X, \quad (5)$$

где X - концентрация микроорганизмов, г/дм^3; S – концентрация органического вещества, г/дм^3; k – коэффициент биодеградации; Q – входной поток органического сырья, дм^3/с; S_0 – начальная концентрация сухого органического вещества, г / дм^3.

Система (4), (5) имеет точку равновесия (S, X):

$$\bar{S} = \frac{K_S D}{K_m - D},$$

$$\bar{X} = X_0(S_0 - \bar{S}). \quad (6)$$

Степень конверсии органического вещества субстрата, состоящего из коровьего навоза для непрерывной работы биогазовой установки, определяется зависимостями:

$$E_{COP,T} = \left(1 - \frac{S_T}{S_0}\right) 100\%, \quad (7)$$

$$S_T = S_0 - \left(S_{Az,0} - S_{Az,T}\right) k_{COP,Az}, \quad (8)$$

$$S_{Az,T} = \frac{DK_S}{K_m - D}, \quad (9)$$

$$k_{COP,Az} = \frac{S_0 E_{COP,p}}{S_{Az,0}}, \quad (10)$$

$$S_{Az,0} = \frac{0{,}7 \cdot 1{,}1 Y_{CH_4,CUM,p}}{0{,}2539}, \quad (11)$$

где $E_{COP,T}$ – коэффициент пересчета COP во время T в непрерывном режиме; S_T – содержание сухого вещества в субстрате во время T, г/дм^3; S_0 – начальная сухого органического вещества в субстрате, г/дм^3; $D = 1$ – гидравлический τ время удерживания субстрата в реакторе, сут$^{-1}$.

На рисунке 6 показан график зависимости степени конверсии КС субстрата, в состав которого входил коровий навоз, от продолжительности брожения в периодическом режиме работы биогазовой установки и график зависимости степени конверсии КС субстрата от времени удержания субстрата в реакторе при непрерывной работе биогазовой установки.

Степень превращения КС в биогаз для непрерывной работы зависит от времени удержания субстрата в реакторе и от выхода метана в пакетном режиме. Анализ графика показывает, что в промежутке времени до 17 суток в непрерывном режиме математическая модель (7) - (11) неверно описывает процесс брожения. Это объясняется тем, что в модели, для значений, при которых гидравлическое время удержания подложки в реакторе меньше определенного значения, которое определяется кинетическими параметрами роста ацетатно-пластической популяции, степень конверсии равна 0. На самом деле для реальных биогазовых реакторов в таких условиях происходит процесс ферментации и образования биогаза, и необходимо уточнить зависимости, описывающие модель процесса ферментации.

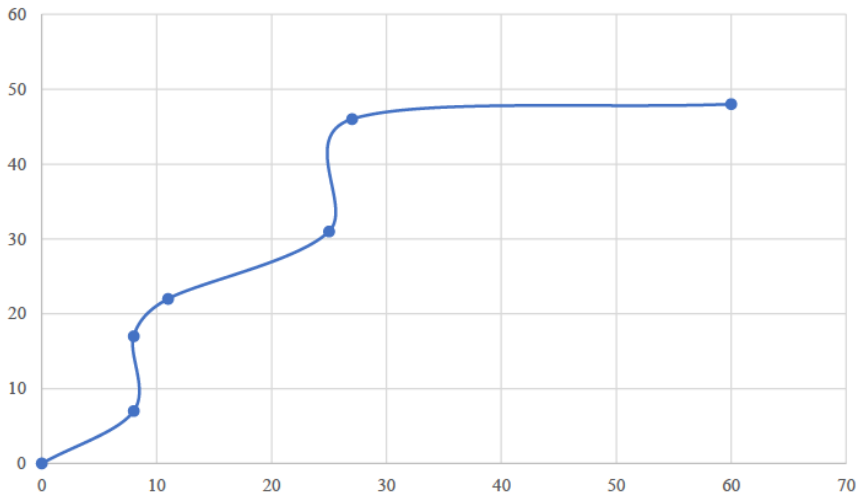


Рис. 6. Степень превращения КС в биогаз (K_{COP}) в реакторе

Через 20 дней выход метана для непрерывного режима приближается к результатам, полученным в пакетном режиме. Со временем кривая, описывающая выход метана для непрерывного режима, приближается к кривой, описывающей выход метана для периодического режима. Анализ зависимостей (7) - (11) показывает, что при $\tau_S \to \infty$ степень превращения органического вещества в непрерывном реакторе должна приближаться к значениям степени превращения органического вещества в реакторе периодического действия, оставаясь при этом меньшей за счет ацетата, не вступающего в реакцию при ферментации.

Несмотря на то, что через 20 суток степень превращения органического вещества коровьего навоза для непрерывного режима приближается к этому показателю в периодическом режиме, можно считать, что такая пропорция имеет место по времени удержания субстрата в реакторе свыше 20 суток:

$$\frac{Y_{b,KB}(\tau_S)}{Y_{b,GH}(\tau_S)} = \frac{Y_{p,KB}(\tau_S)}{Y_{p,GH}(\tau_S)}, \tag{12}$$

где $Y_{b,KB}(\tau_S)$ и $Y_{b,GH}(\tau_S)$ – суточная выработка метана из конденсатсодержащего субстрата и из субстрата, не содержащего конденсата, соответственно в непрерывном режиме; $Y_{p,KB}(\tau_S)$ и еще $Y_{p,GH}(\tau_S)$ – суточный выход метана из конденсатсодержащего субстрата и из субстрата, не содержащего конденсата в периодическом режиме, соответственно; τ_S – время удержания субстрата в реакторе.

Суточная выработка метана из конденсатсодержащего субстрата при непрерывной работе биогазовой установки может быть определена с помощью соотношения (12). Таким образом, представлена методика, позволяющая моделировать выход метана для непрерывного реактора в зависимости от времени удержания субстрата в реакторе. Эта модель учитывает, что субстрат состоит из коровьего навоза и конденсата.

Для исследования устойчивости модели процесса брожения используем синергетический метод. Для того чтобы исчерпывающе описать процесс брожения, необходимо выявить все превращения органического вещества. Рассмотрена обобщающая модель биотехнологического процесса, состоящая из $m + n + k$ дифференциальных уравнений. Кинетика роста i-го вида популяции микроорганизмов описывается таким дифференциальным уравнением:

$$\frac{dX_i}{dt} = (\mu_i - \hat{\mu}_i)X_i, i = 1, \dots, m. \tag{13}$$

Если вид популяции микроорганизма продуцирует метаболический продукт, то образование метаболического продукта мы описываем дифференциальным уравнением:

$$\frac{dP_i}{dt} = q_{P_{ij}}X - \hat{Q}_{P_{ij}}, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. \tag{14}$$

Если тип субстрата потребляется I типом популяции микроорганизмов и в то же время он продуцируется j типом продуктов метаболизма, то можем описать потребление i вида субстрата таким дифференциальным уравнением:

$$-\frac{dS_1}{dt} = \frac{1}{Y_{X_iS_1}}\mu_i X_i + i\frac{1}{Y_{P_jS_1}}q_{P_{ij}}X_i + m_{S_1X_i}X_i, i = 1, \dots, m, j = 1, \dots, n. \tag{15}$$

Начальная концентрация видов популяций микроорганизмов, типа субстрата, типа продуктов обмена веществ:

$$X_i|_{t=0} = X_{i_0}, i = 1, \dots, n, \tag{16}$$

$$S_1|_{t=0} = S_{1_0}, 1 = 1, \dots, m, \tag{17}$$

$$P_j|_{t=0} = P_{j_0}, j = 1, \dots, k, \tag{18}$$

где Y_{XS} - коэффициент, связывающий затраты субстрата со скоростью роста микробных популяций; m_S – удельная скорость использования субстрата для поддержания активности микроорганизмов; Y_{PS} – коэффициент, связывающий затраты субстрата на образование

метаболического продукта со скоростью роста микробных популяций; q_S – удельная скорость образования метаболического продукта; $\hat{Q}_P$ – скорость деградации метаболического продукта. Кроме того, модель (13) - (15) дополняется уравнением теплопроводности, которое учитывает изменение температуры в реакторе. Решение таких задач требует большого количества экспериментов по установлению кинетических параметров модели.

Поскольку последняя стадия метанообразования является самой продолжительной, а ацетат является лимитирующим субстратом, то для анализа процесса брожения можем ограничиться системой уравнений (вместе с уравнением теплопроводности. С другой стороны, можем ограничить его циклами смешивания субстрата. Накопление микробных популяций – это довольно длительный процесс по сравнению с одним. Поэтому в рамках такой формулировки можно предположить, что производная роста концентрации бактерий постоянна во времени, то есть можно пренебречь уравнением, описывающим рост микробных популяций. Проанализирована устойчивость модели процесса ферментации к малым возмущениям температуры среды и концентрации органического вещества для прямоугольных реакторов. Этот метод позволил определить соотношения n между коэффициентами термодиффузионной системы, для которых возможны автоколебательные режимы в реакторе-колебания температуры среды и концентрации органического вещества во времени, которые могут привести к появлению диссипативных структур.

Для того, чтобы исследовать процесс, в соответствии с моделью системы координат. Полагаем, что процесс брожения в реакторе биогазовой установки происходит за счет взаимосвязанных процессов диффузии и теплообмена в реакторе. Эти нелинейные процессы, связанные с источниками тепловой энергии $F_T(T,S)$ и растворенного органического вещества $F_S(T,S)$ соответственно:

$$\begin{cases} \rho c_p \dfrac{\partial T}{\partial \tau} - \lambda\left(\dfrac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial T}{\partial r} + \dfrac{1}{r^2}\dfrac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} + \dfrac{\partial T}{\partial z^2}\right) = F_T(T,S) \\ \dfrac{\partial S}{\partial \tau} - D_S\left(\dfrac{\partial^2 S}{\partial r^2} + \dfrac{1}{r}\dfrac{\partial S}{\partial r} + \dfrac{1}{r^2}\dfrac{\partial^2 S}{\partial \varphi^2} + \dfrac{\partial S}{\partial z^2}\right) = F_S(T,S) \end{cases}, \quad (19)$$

где $T = T(\tau, r, \varphi, z)$ и $S = S(\tau, r, \varphi, z)$ – температура и концентрация растворенного органического вещества в точке с координатами (r, φ, z) во время τ; $F_T(T,S)$ и $F_S(T,S)$ – внутренние источники тепла и растворенного органического вещества в результате биохимических реакций, введение новых порций субстрата, вывод уже сброженной массы наряду с популяциями микроорганизмов; ρ – плотность, c_p – удельная теплоемкость потенциала, λ – теплопроводность среды; D_S – диффузия растворенного органического вещества.

Отметим, что система дифференциальных уравнений (19) является термодиффузионной системой. Дополняя (19) соответствующими граничными условиями, описывающими теплообмен и массообмен между реактором и окружающей средой, и начальными условиями, определяющими начальное распределение температуры среды и концентрации растворенного органического вещества в реакторе, получаем краевую задачу, решением которой является температурное поле среды и поле концентрации растворенного органического вещества в реакторе в произвольный момент времени.

ОБСУЖДЕНИЕ

Проанализирована устойчивость модели процесса брожения к малым возмущениям температуры среды и содержания растворенного органического вещества в субстрате, что позволило определить соотношения между коэффициентами термодиффузионной системы, при которых возникают автоколебания указанных параметров, в которых могут образовываться диссипативные структуры. Полученные соотношения могут быть использованы для прогнозирования и выбора режимов работы реактора биогазовых установок.

Статья опубликована по проекту грантового финансирования МОН РК на 2018-2020 годы № AP05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Wiese J., Kujawski O. Operational results of an agricultural biogas plant equipped with modern instrumentation and automation. // Water Science and Technology. – 2008. – Vol.57(6). – P. 803 – 808.

[2] Kube J. Management of Gas Storages in Biogas Plants. Chemical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 41(4). – P. 702 – 710.

[3] Guo J., Clemens J., Li X., Xu P., Dong R. Performance evaluation of a Chinese medium-sized agricultural biogas plant at ambient temperature. Engineering in Life Sciences. – 2012. – Vol. 12(3). – P. 336 – 342.

[4] Djatkov D., Effenberger M., Martinov M., Tesic M., Gronauer A. New method for assessing the performance of agricultural biogas plants. Renewable Energy. – 2012. – Vol. 40(1). – P.104 – 112.

[5] Djatkov D., Effenberger M., Martinov M. Method for assessing and improving the efficiency of agricultural biogas plants based on fuzzy logic and expert systems. Applied Energy. –2014. – Vol. 134. – P.163 – 175.

[6] Scheutz C., Fredenslund A.M. Total methane emission rates and losses from 23 biogas plants. // Waste Management. – 2019. – Vol. 97. – P. 38 – 46.

[7] Chodkowska-Miszczuk J., Szymanska D. Agricultural biogas plants – A chance for diversification of agriculture in Poland. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 20. – P. 514 – 518.

[8] Rzeznik W., Mielcarek P. Agricultural biogas plants in Poland. // Engineering for Rural Development. – 2018. – Vol. 17. – P. 1760 – 1765.

[9] Iglinski B., Buczkowski R., Iglinska A., Cichosz M., Piechota G., Kujawski W. Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16(7). – P. 4890 – 4900.

[10] Iglinski B., Piechota G., Iwanski P., Skarzatek M., Pilarski G. 15 Years of the Polish agricultural biogas plants: their history, current status, biogas potential and perspectives. // Clean Technologies and Environmental Policy. –2020. – Vol. 22(2). – P. 281 – 307.

[11] Zelenyak A., Kostyukov S. Features of the development of architectonics of crowns of bushes as a criterion of decorativeness in green building. // World Ecology Journal. –2018. – Vol.8(3). – P. 1 – 22.

[12] Hahn H., Hartmann K., Buhle L., Wachendorf M. Comparative life cycle assessment of biogas plant configurations for a demand oriented biogas supply for flexible power generation. Bioresource Technology. – 2015. – Vol.179. – P. 348 – 358.

[13] Roubik H., Mazancova J., Le Dinh P., Dinh Van D., Banout J. Biogas quality across small-scale biogas plants: A case of central Vietnam. // Energies. – 2018. – Vol. 11(7). // doi.org/10.3390/en11071794.

[14] Kougias P.G., Boe K., O-Thong S., Kristensen L.A., Angelidaki I. Anaerobic digestion foaming in full-scale biogas plants: A survey on causes and solutions. // Water Science and Technology. – 2014. – Vol. 69(4). – P. 889 – 895.

[15] Sanz-Bobi M.A., De Cuadra F., Batlle C. A review of key points of an industrial biogas plant. A European perspective. // In: 2012 International Conference on Renewable Energy Research and Applications. – New-York: IEEE, 2012. №2012.6477413.

[16] Nazir M. Biogas plants construction technology for rural areas. Bioresource Technology. – 1991. – Vol. 35(3). – P. 283 – 289.

Болатов Н.Қ., Қасымжанова Қ.С., Болатова Ж.Т., Мукашев А.А.

Биомассаны араластырудың және айналымының оңтайлы жүйесі бар эксперименттік биогаз қондырғысының шығыс параметрлерін анықтау.

Түйіндеме. Ашыту процестерінің модельдерінің тұрақтылығын зерттеудің өзектілігі биореактордағы температураның шамалы өзгеруімен биогаз қондырғысының өнімділігі айтарлықтай өзгеретіндігіне негізделген. Бұл құбылыс барлық биотехнологиялық процестерге, соның ішінде биогаз өндірісіне тән, өйткені оңтайлы температура диапазоны өте тар. Тыңайтқыштарды өңдеу кезінде құру және қалыптастыру міндеті іс жүзінде қалдықсыз технология болуы керек екені анық. Зерттеудің ғылыми және практикалық маңыздылығы зерттеу нәтижелері анаэробты ашытудың дамуын қамтамасыз ететін қондырғының дизайнына біріктірілген жағдайда биомассаның ыдырау формасы мен моделімен анықталады.

Түйінді сөздер: анаэробты метанды ашыту, органикалық заттар, субстрат, экологиялық әсер.

УДК 628.38

N.K. Bulatov[1], K.S. Kasymzhanova[1], O. Sh. Orazov[1], Zh.T. Bulatova[1]
([1]A.Myrzakhmetov Kokshetau university, Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, kasymzhanovak@mail.ru, ondasin_1994@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

IDENTIFICATION OF PROCESS STABILITY IN AN EXPERIMENTAL BIOGAS PLANT WITH AN OPTIMAL SYSTEM OF MIXING AND CIRCULATION OF BIOMASS

Abstract. The authors of the present work show that the stability analysis of the model of the fermentation process to small perturbations of the temperature and concentration of dissolved organic matter allows you to identify areas of stability, areas of possible self-oscillation, temperature and concentration of dissolved organic matter, as well as areas of possible occurrence of dissipative structures, which is relevant for the study of the process of anaerobic methane fermentation. The novelty of the work is determined by the fact that the prerequisite for breaking the stability of the model of the fermentation process is the heterogeneity of the temperature field and the concentration of dissolved organic matter, which significantly affects the performance of the biogas plant and the calorific value of the biogas. The practical significance of the research is determined by the form and model of decomposition of biomass in an experimental biogas plant, which will ensure the development of anaerobic fermentation.

Key words: anaerobic methane fermentation, organic matter, substrate, environmental effect.

Н.К. Булатов[1], К.С. Касымжанова[1], О.Ш. Оразов[1], Ж.Т. Булатова[1]
([1]Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Республика Казахстан,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, kasymzhanovak@mail.ru, ondasin_1994@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

ВЫЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ С ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ЦИРКУЛЯЦИИ БИОМАССЫ

Аннотация. Показно, что исследование устойчивости модели процесса брожения к малым возмущениям температуры среды и концентрации растворенного органического вещества позволяет определить области устойчивости, области возможных автоколебаний температуры среды и концентрации растворенного органического вещества, а также области возможного возникновения диссипативных структур, что является актуальным при исследовании процесса анаэробного метанового брожения. Новизна работы определяется тем, что предпосылкой нарушения стабильности модели процесса брожения является неоднородность температурного поля и концентрации растворенного органического вещества, что существенно влияет на производительность биогазовой установки и теплотворную способность биогаза. Практическая значимость исследований определяется формой и моделью разложения биомассы на экспериментальной биогазовой установке, которая обеспечит развитие анаэробного брожения.

Ключевые слова: анаэробное метановое брожение, органическое вещество, субстрат, экологический эффект.

ВВЕДЕНИЕ

Биогаз – это горючий газ, образующийся в результате анаэробного метанового брожения органических веществ [1]. Биогаз условно делится на три категории в зависимости от сырья, из которого он был получен [2]:

1) биогаз из отходов животноводства (навоз крупного рогатого скота, свиней, птичий помет), растениеводства (кукурузный силос, свекольный пресс), отходов предприятий пищевой промышленности (сыворотка, мясные отходы, пивная масса);

2) биогаз с мест захоронения и полигонов твердых бытовых отходов;

3) биогаз из осадка сточных вод очистных сооружений.

Для первой категории предлагается производство биогаза путем анаэробного метанового брожения органического вещества в реакторе биогазовой установки [3]. На рисунке 1 показана технологическая схема производства биогаза.

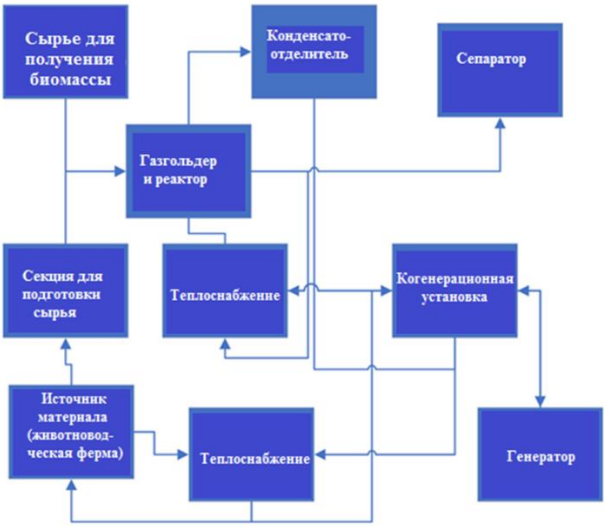


Рис. 1. Технологическая схема производства биогаза

Сырье, являющееся субстратом для производства биогаза, сначала измельчают и гомогенизируют, а при необходимости проводят предварительную химическую обработку [4]. Жидкая фракция подготовленного субстрата с помощью насоса, а твердая фракция с помощью шнековой подачи подаются в реактор [5]. В реакторе субстрат вместе с его собственными или искусственно введенными микроорганизмами перемешивают и поддерживают при постоянной температуре [6]. Биогаз, конечный продукт брожения, накапливается в верхней части реактора, в газовом баке [7]. После очистки биогаза от сероводородных примесей и влаги он используется для выработки электрической энергии или очищается от углекислого газа до биометана [8, 9].

На рисунке 2 показана технологическая схема брожения сточных вод в реакторе с анаэробным восходящим слоем.

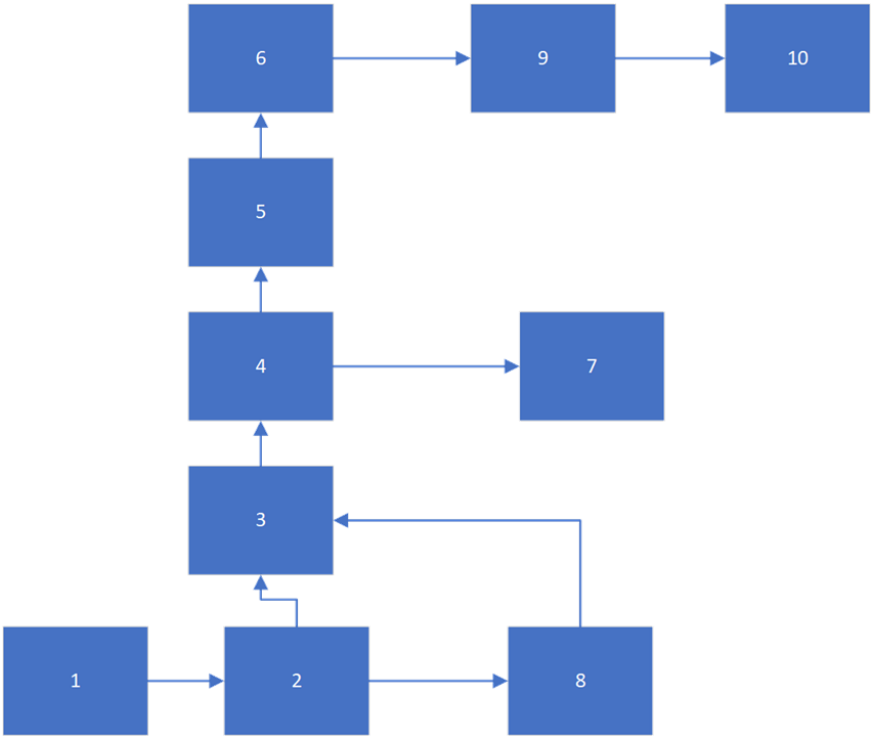


Рис. 2. Технологическая схема производства биогаза из сточных вод: 1-резервуар для хранения сточных вод; 2-насос; 3-реактор; 4-очищенные сточные воды; 5 - камера сбора; 6-газовая труба; 7-выход очищенных сточных вод; 8-распределительный коллектор; 9-аппарат для сушки биогаза; 10-когенерационная установка.

Также в качестве сырья для биогаза используют органические вещества, содержащиеся в городских и промышленных сточных водах [10]. Для биологической очистки сточных вод используются высокоэффективные восходящие реакторы, имеющие биологические фильтры с тонкой бактериальной пленкой. Для этого способа производства биогаза требуются значительные энергозатраты. Для ферментации некоторых видов сырья без дополнительного использования коферментов требуется специальная двухступенчатая технология [11 ÷ 15]. Например, трудно получить биогаз в обычном реакторе из птичьего помета или спирта. Для переработки такого сырья необходим дополнительный реактор гидролиза, в котором можно регулировать уровень кислотности с целью предотвращения условий высокого содержания кислот или щелочей.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ устойчивости модели процесса ферментации к малым возмущениям температуры среды и концентрации растворенного органического вещества для цилиндрических реакторов проводится при трех условиях: 1) теплопроводность среды и диффузия органического вещества постоянны; 2) теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от координат; 3) теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от температуры и концентрации растворенного органического вещества.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Если теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от координат и принимает вид:

$$\begin{cases} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial \tau} - \bar{V}\{\lambda(r,\varphi,z)\bar{V}T\} = F_T(T,S) \\ \frac{\partial S}{\partial \tau} - \bar{V}\{D_S(r,\varphi,z)\bar{V}S\} = F_S(T,S) \end{cases}, \quad (1)$$

Если теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от температуры и концентрации растворенного органического вещества, то принимает вид:

$$\begin{cases} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial \tau} - \bar{V}\{\lambda(T,S)\bar{V}T\} = F_T(T,S) \\ \frac{\partial S}{\partial \tau} - \bar{V}\{D_S(T,S)\bar{V}S\} = F_S(T,S) \end{cases}, \quad (2)$$

Учитывая компонентный вид пространственной структуры возмущений температуры среды и концентрации растворенного органического вещества в цилиндрической системе координат, имеем:

$$T = T_0 + \delta T$$

$$\delta T = \delta T_a exp\left(ik_r r + ik_\varphi \varphi + ik_Z z\right) exp(\omega\tau), \quad (3)$$

$$S = S_0 + \delta S$$

$$\delta S = \delta S_a exp\left(ik_r r + ik_\varphi \varphi + ik_Z z\right) exp(\omega\tau), \quad (4)$$

где индекс 0 соответствует начальному состоянию системы; δT_a – амплитуда температурных возмущений; δS_a - амплитуда возмущений концентрации растворенного органического вещества; $\vec{k} = (k_r; k_\varphi; k_z)$ – волновой вектор; $r = (r, \varphi, z)$ – радиус-вектор; ω – частота возмущения, определяющая изменение параметра во времени; i – мнимая единица измерения. Запишем по формуле Лапласа, по возмущению температуры среды следующим образом:

$$\Delta(\delta T) = -k_r^2 \delta T + \frac{ik_r \delta T}{r} - \frac{k_\varphi^2 \delta T}{r^2} - k_Z^2 \delta T, \quad (5)$$

При возмущении температуры среды и концентрации растворенного органического вещества принимает вид:

$$\begin{cases} \rho c_p \omega \delta T = \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0 \delta T + \lambda\left(k_r^2 - \frac{ik_\varphi}{r^2} + k_z^2\right)\delta T + \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0 \delta S \\ \omega \delta S = \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0 \delta T + \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0 \delta S + D_S\left(k_r^2 - \frac{ik_r}{r} + \frac{k_\varphi^2}{r^2} + k_z^2\right)\delta S \end{cases}, \quad (6)$$

Вводим обозначение, чтобы упростить дальнейшие вычисления. Предполагаем, что:

$$A_1 = \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0 - \lambda\left(k_r^2 + \frac{k_\varphi^2}{r^2} + k_z^2\right), B_1 = \lambda\frac{k_r}{r},$$

$$A_2 = \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0 - D_S\left(k_r^2 + \frac{k_\varphi^2}{r^2} + k_z^2\right), B_2 = D_S\frac{k_r}{r}, \quad (7)$$

Выразив возмущение концентрации растворенного органического вещества через возмущение температуры среды во втором уравнении и подставив в первое уравнение системы (6) с учетом принятой нотации (7), получим дисперсионное уравнение:

$$\left[\rho c_p \omega + A_1 + iB_1\right]\left[\rho_S \omega + A_2 + iB_2\right] - \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0 \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0 = 0. \quad (8)$$

Вводим обозначение, чтобы упростить дальнейшие вычисления. Предполагаем, что:

$$A = \rho c_p \in R; B = A_2\rho c_p + A_1\rho_S; C = B_2\rho c_p + B_1,$$

$$D = A_1A_2 - B_1B_2 - \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0 \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0;\ E = A_1B_2 + A_2B_1. \quad (9)$$

Тогда дисперсионное уравнение (8) с учетом принятого обозначения (9) будет иметь вид:

$$A\omega^2 + B\omega + iC\omega + D + iE = 0. \quad (10)$$

Уравнение (10) с коэффициентами (7) и (9) является дисперсионным уравнением для частоты возмущений температуры среды и концентрации растворенного органического вещества при условии, что теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества постоянны.

Учитывая, что:

$$\bar{V}T = \left(\frac{\partial T}{\partial r};\ \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial \varphi};\ \frac{\partial T}{\partial z}\right), \quad (11)$$

Получаем:

$$\bar{V}\{\lambda(r,\varphi,z)\bar{V}T\} = \frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r} + \lambda(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right) + \frac{1}{r}\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial\varphi}\frac{\partial T}{\partial\varphi} + \lambda(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial\varphi^2} + \frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z} + \lambda(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}, \quad (12)$$

Учитывая тот факт, что:

$$\bar{V}\delta T = \left(\frac{\partial\delta T}{\partial r};\ \frac{1}{r}\frac{\partial\delta T}{\partial\varphi};\ \frac{\partial\delta T}{\partial z}\right) = \left(ik_r\frac{\partial T}{\partial r}\delta T; ik_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial\varphi}\delta T; ik_z\frac{\partial T}{\partial z}\delta T\right). \quad (13)$$

Получаем:

$$\nabla\{\lambda(r,\varphi,z)\nabla\delta T\} = ik_r\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r} - k_r^2\lambda(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right)\delta T + ik_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial\varphi}\frac{\partial T}{\partial\varphi}\delta T - k_\varphi^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}\delta T + ik_z\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z}\delta T - k_z^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\delta T \quad (14)$$

Система уравнений (1) при возмущении температуры среды и концентрации растворенного органического вещества принимает такой вид:

$$\rho c_p\omega\delta T = \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + ik_r\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r} - k_\lambda^2(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right)\delta T + ik_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial\varphi}\frac{\partial T}{\partial\varphi}\delta T - k_\varphi^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2}{\partial\varphi^2}\delta T + ik_z\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z}\delta T - k_z^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\delta T + \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0\delta S, \quad (15)$$

$$\omega\delta S = \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0\delta S + ik_r\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r}\delta S - k_r^2 D_S(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right)\delta S + ik_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial \varphi}\frac{\partial T}{\partial \varphi}\delta S - k_\varphi^2 D_S(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2}\delta S + ik_r\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z}\delta S - k_z^2 D_S(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}\delta S. \quad (16)$$

Вводим обозначение, чтобы упростить дальнейшие вычисления. Предполагаем, что:

$$A_1 = \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0 - k_r^2\lambda(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right) - k_\varphi^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} - -k_z^2\lambda(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}; \quad (17)$$

$$B_1 = k_r\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r} + k_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial \varphi}\frac{\partial T}{\partial \varphi} + k_z\frac{\partial\lambda(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z}; \quad (18)$$

$$A_2 = \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0 - k_r^2 D_S(r,\varphi,z)\left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial r}\right) - k_\varphi^2 D_S(r,\varphi,z)\frac{1}{r^2}\frac{\partial^2 T}{\partial \varphi^2} - -k_z^2 D_S(r,\varphi,z)\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}; \quad (19)$$

$$B_2 = k_r\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial r}\frac{\partial T}{\partial r} + k_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial \varphi}\frac{\partial T}{\partial \varphi} + k_z\frac{\partial D_S(r,\varphi,z)}{\partial z}\frac{\partial T}{\partial z}. \quad (20)$$

Тогда система дифференциальных уравнений (15) - (16) принимает такой вид:

$$\begin{cases} \rho c_p\omega\delta T = A_1\delta T + iB_1\delta T + \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0\delta S \\ \omega\delta S = \frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + A_2\delta S + iB_2\delta S \end{cases}. \quad (21)$$

Решив систему уравнений (21), получаем дисперсионное уравнение:

$$\left(\rho c_p\omega - A_1 - iB_1\right)(\omega - A_2 iB_2) = \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0\frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0\frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0. \quad (22)$$

Вводя следующие обозначения, чтобы упростить дальнейшие вычисления, предполагаем, что:

$$A = \rho c_p;\ B = -A_2\rho c_p - A_1;\ C = -B_2\rho c_p - B_1;$$
$$D = A_1A_2 + B_1B_2 - \frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0\frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0;\ E = A_1B_2 + A_2B_1. \quad (23)$$

Поэтому уравнение (22) с коэффициентами (17) - (20) и (23) является дисперсионным уравнением для частоты возмущений температуры среды и концентрации растворенного органического вещества в случае, когда теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от координат.

Учитывая тот факт, что:

$$\lambda(T,S) = \lambda(T,S)|_0 + \frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + \frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\delta S + O\left(\delta T^m\delta S^i, m+j=2\right),$$
$$\nabla T = \left(\frac{\partial T}{\partial r};\ \frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial \varphi};\ \frac{\partial T}{\partial z}\right) \quad (24)$$

Получаем:

$$\nabla\delta T = \left(\frac{\partial\delta T}{\partial r};\ \frac{1}{r}\frac{\partial\delta T}{\partial \varphi};\ \frac{\partial\delta T}{\partial z}\right) = \left(ik_r\frac{\partial T}{\partial r}\delta T;\ ik_\varphi\frac{1}{r}\frac{\partial T}{\partial \varphi}\delta T;\ ik_z\frac{\partial T}{\partial z}\delta T\right). \quad (25)$$

Отсюда следует, что:

$$\lambda(T_0+\delta T, S_0+\delta S)\nabla(T_0+\delta T) = \left[\lambda(T,S)|_0 + \frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + \frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\delta S\right][\nabla T_0 + \nabla\delta T] \approx \left(\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T}|_0\delta T + \frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\delta S\right)\nabla T_0 + i\lambda(T_0,S_0)\left(k_r;\ k_\varphi\frac{1}{r};\ k_z\right)\delta T. \quad (26)$$

Наконец, для второго члена первого уравнения (2) имеем:

$$\nabla\{\lambda(T_0+\delta T,S_0+\delta S)\nabla(T_0+\delta T)\}=\left\{\left(\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T}|_0\delta T+\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\delta S\right)\nabla T_0+\right.$$
$$\left.i\lambda(T_0,S_0)\left(k_r;\ k_\varphi\frac{1}{r};\ k_z\right)\delta T\right\}=-\lambda(T_0,S_0)\left(\left(k_r^2+\frac{k_r}{r}\right)+k_\varphi^2\frac{1}{r^2}+k_z^2\right)\delta T+i\left(\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T}|_0\delta T+\right.$$
$$\left.\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\delta S\right)\nabla T_0\left(k_r+k_\varphi\frac{1}{r}+k_z\right). \quad (27)$$

Вводим следующие обозначения, чтобы упростить дальнейшие вычисления. Тем самым предполагаем, что:

$$A_1=-\lambda(T_0,S_0)\left(\left(k_r^2+\frac{k_r}{r}\right)+k_\varphi^2\frac{1}{r^2}+k_z^2\right)-\frac{\partial F_T(T,S)}{\partial T}|_0\delta T; \quad (28)$$

$$B_1=\nabla T_0\left(k_r+k_\varphi\frac{1}{r}+k_z\right)\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial T};\ C_1=\frac{\partial F_T(T,S)}{\partial S}|_0; \quad (29)$$

$$D_1=-\left(\frac{\partial\lambda(T,S)}{\partial S}|_0\right)\nabla T_0\left(k_r+k_\varphi\frac{1}{r}+k_z\right); \quad (30)$$

$$A_2=-D_S(T_0,S_0)\left(\left(k_r^2+\frac{k_r}{r}\right)+k_\varphi^2\frac{1}{r^2}+k_z^2\right)-\frac{\partial F_S(T,S)}{\partial S}|_0; \quad (31)$$

$$B_2=\left(\frac{\partial D_S(T,S)}{\partial S}|_0\right)\nabla S_0\left(k_r+k_\varphi\frac{1}{r}+k_z\right);\ C_2=\frac{\partial F_S(T,S)}{\partial T}|_0\ , \quad (32)$$

$$D_2=-\left(\frac{\partial D_S(T,S)}{\partial T}|_0\delta T\right)\nabla S_0\left(k_r+k_\varphi\frac{1}{r}+k_z\right). \quad (33)$$

Система уравнений (2) с возмущением температуры среды и концентрации растворенного органического вещества, учитывающая обозначение:

$$\begin{cases}\rho c_p\omega\delta T+A_1\delta T+iB_1\delta T=(C_1+iD_1)\delta S\\ \omega\delta S+A_2\delta S+iB_2\delta S=(C_2+iD_2)\delta T\end{cases}. \quad (34)$$

Выражая возмущение концентрации органического вещества через возмущение температуры среды во втором уравнении и подставляя систему (34), получаем дисперсионное уравнение:

$$\left[\rho c_p\omega+A_1+iB_1\right][\omega+A_2+iB_2]-(C_1+iD_1)(C_2+iD_2)=0. \quad (35)$$

Вводим нотацию, чтобы упростить дальнейшие вычисления. Предполагаем, что:

$$A=\rho c_p;B=A_2\rho c_p+A_1;C=B_2\rho c_p+B_2;$$
$$D=A_1A_2-B_1B_2-C_1C_2+D_1D_2;E=A_1B_2+A_2B_1-C_1D_2-C_2D_1. \quad (36)$$

Поэтому уравнение (35) с коэффициентами (28) - (33) и (36) является дисперсионным уравнением для частоты возмущений температуры среды и концентрации растворенного органического вещества в том случае, когда теплопроводность среды и диффузия растворенного органического вещества зависят от температуры и концентрации растворенного органического вещества.

Дисперсионное уравнение может иметь сложные корни. Чтобы определить действительную и мнимую составляющие частоты возмущения, мы имеем такую систему алгебраических уравнений:

$$\begin{cases}A\left(\omega_r^2-\omega_i^2\right)+B\omega_r-C\omega_i+D=0\\ 2A\omega_r\omega_i+B\omega_i+C\omega_r+E=0\end{cases}. \quad (37)$$

Если выразить ω_r через ω_i из второго уравнения и подставить в первое уравнение системы (37), то получим алгебраическое уравнение четвертого порядка, аналитическое решение которого существует только для определенных соотношений между его коэффициентами. Для исследования устойчивости модели интересны только критические состояния системы. Будем считать, что $\omega_i = 0$ и $\omega_r > 0$. В этом случае система алгебраических уравнений (37) упрощается до системы, с помощью которой определяется действительная составляющая частоты возмущения:

$$\begin{cases} A\omega_r^2 + B\omega_r + D = 0 \\ C\omega_r + E = 0 \end{cases}. \tag{38}$$

Можем найти ω_r при условии, что $\omega_r > 0$. Это возможно, если такие соотношения между коэффициентами системы (38) справедливы:

$$\begin{cases} \omega_r = -\frac{E}{B} > 0 \\ B^2 > 4AC \\ \left[\begin{array}{l} \omega_r = -B + \sqrt{B^2 - 4AC} \\ \omega_r = -B - \sqrt{B^2 - 4AC} \end{array}\right. \end{cases}. \tag{39}$$

В этом случае возможно возникновение диссипативных структур. Будем считать, что $\omega_i \neq 0$ и $\omega_r = 0$. В этом случае система алгебраических уравнений (38) упрощается до системы:

$$\begin{cases} A\omega_i^2 + C\omega_i - D = 0 \\ B\omega_i + E = 0 \end{cases}. \tag{40}$$

Если соотношения между коэффициентами системы (38) справедливы:

$$\begin{cases} \omega_i = -\frac{E}{B} \neq 0 \\ C^2 > -4AD \\ \left[\begin{array}{l} \omega_I = -C + \sqrt{C^2 + 4AD} \\ \omega_I = -C - \sqrt{C^2 + 4AD} \end{array}\right. \end{cases}. \tag{41}$$

Тогда возможны автоколебания температуры среды и концентрации растворенного органического вещества.

Во избежание образования вредных проявлений при работе биогазовой установки предлагается обеспечить равномерность температурного поля среды и концентрацию растворенного органического вещества путем перемешивания субстрата в реакторе. В общем случае система уравнений термодиффузии может быть представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla|\lambda \nabla T| = F_T(T, n) \\ \frac{\partial n}{\partial t} - \nabla|D\nabla n| = F_n(T, n) \end{cases}, \tag{42}$$

Следует отметить, что уравнение (42) имеет более общий случай, так как здесь коэффициент теплопроводности λ и коэффициент диффузии D могут зависеть как от пространственных координат, так и от параметров термодиффузии T, n. используя законы Фурье и Фика:

$$\vec{q}_T = -\lambda \nabla T,\ \vec{q}_n = -D\nabla n, \tag{43}$$

система уравнений (43) преобразуется в следующую систему уравнений в дивергентной (расходящейся) форме:

$$\begin{cases} \rho c_p \frac{\partial T}{\partial t} - \nabla \vec{q}_T = F_T(T,n) \\ \frac{\partial n}{\partial t} - \nabla \vec{q}_n = F_n(T,n) \end{cases}. \quad (44)$$

Используя теорему дивергенции, имеем:

$$\int S\vec{F}d\vec{S} = \int V\left(\nabla \vec{F}\right)dV, d\vec{S} = \vec{n}\left|d\vec{S}\right|, \quad (45)$$

где $\vec{F}$ – произвольная векторная функция; V – объем среды, ограниченный замкнутой поверхностью S; $\vec{n}$ – единичная нормаль к поверхности S.

Система уравнений в частных производных (45) может быть преобразована в систему обыкновенных дифференциальных уравнений для средних температур, усредненных по объему *V*:

$$T_{cep} = \frac{1}{V}\int VTdV, \quad (46)$$

и концентрации органического вещества:

$$n_{cep} = \frac{1}{V}\int VndV, \quad (47)$$

$$\begin{cases} \rho c_p V \frac{dT_{cep}}{dt} = Q_+ - Q_- \\ V \frac{dn_{cep}}{dt} = N_+ - N_- \end{cases}, \quad (48)$$

где $Q_+ = \int VF_T dV$ – интегрированное тепло в биоэнергетических установках за счет биохимических реакций и внешнего нагрева обеспечивает оптимальную температуру; $Q_- = \int S\vec{q}_T d\vec{S}$ – потребление тепловой энергии в окружающей среде; $N_+ = \int VF_n dV$ – общая масса реагирующего компонента в объеме V; $Q_- = \int S\vec{q}_n d\vec{S}$ – расход реагирующего компонента во внешней среде. Таким образом, система уравнений модели процесса брожения приведена в интегральном виде, что позволяет определить усредненную по объему температуру среды и концентрацию растворенного органического вещества во времени.

Проанализирована модель процесса брожения к малым возмущениям температуры среды и содержания растворенного органического вещества в субстрате, определяющее соотношения между коэффициентами термодиффузионной системы. Представлена система уравнений термодиффузии в интегральном виде, позволяющая определить усредненную по объему температуру среды и концентрацию растворенного органического вещества во времени.

Статья опубликована по проекту грантового финансирования МОН РК на 2018-2020 годы № AP05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Guan T., Alvfors P., Lindbergh G. Investigation of the prospect of energy self-sufficiency and technical performance of an integrated PEMFC (proton exchange membrane fuel cell), dairy farm and biogas plant system. Applied Energy. – 2014. – Vol. 130. – P. 685 – 691.

[2] Zelenyak A., Kostyukov S. Features of the development of architectonics of crowns of bushes as a criterion of decorativeness in green building. // World Ecology Journal. – 2018. – Vol. 8(3). – P. 1 – 22.

[3] Guo J., Clemens J., Li X., Xu P., Dong R. Performance evaluation of a Chinese medium-sized agricultural biogas plant at ambient temperature. Engineering in Life Sciences. – 2012. – Vol. 12(3). – P. 336 – 342.

[4] Chodkowska-Miszczuk J., Szymanska D. Agricultural biogas plants – A chance for diversification of agriculture in Poland. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2013. – Vol. 20. – P. 514 – 518.

[5] Iglinski B., Buczkowski R., Iglinska A., Cichosz M., Piechota G., Kujawski W. Agricultural biogas plants in Poland: Investment process, economical and environmental aspects, biogas potential. // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2012. – Vol. 16(7). – P. 4890 – 4900.

[6] Trommler M., Barchmann T., Dotzauer M., Cieleit A., Can Biogas Plants Contribute to Lower the Demand for Power Grid Expansion? // Chemical Engineering and Technology. – 2017. – Vol. 40(2). – P. 359 – 366.

[7] Mushtaq K., Zaidi A.A., Askari S.J. Design and performance analysis of floating dome type portable biogas plant for domestic use in Pakistan. // Sustainable Energy Technologies and Assessments. – 2016. – Vol. 14. – P. 21 – 25.

[8] Djatkov D., Effenberger M., Martinov M. Method for assessing and improving the efficiency of agricultural biogas plants based on fuzzy logic and expert systems. Applied Energy. – 2014. – Vol. 134. – P.163 – 175.

[9] Djatkov D., Effenberger M., Martinov M., Tesic M., Gronauer A. New method for assessing the performance of agricultural biogas plants. Renewable Energy. – 2012. – Vol. 40(1). – P.104 – 112.

[10] Iglinski B., Piechota G., Iwanski P., Skarzatek M., Pilarski G. 15 Years of the Polish agricultural biogas plants: their history, current status, biogas potential and perspectives. // Clean Technologies and Environmental Policy. – 2020. – Vol. 22(2). – P. 281 – 307.

[11] Moeller L., Gorsch K. Foam formation in full-scale biogas plants processing biogenic waste. Energy, Sustainability and Society. – 2015. – Vol. 5(1), article number 1.

[12] Kube J. Management of Gas Storages in Biogas Plants. Chemical Engineering and Technology. – 2018. – Vol. 41(4). – P. 702 – 710.

[13] Roubik H., Mazancova J., Le Dinh P., Dinh Van D., Banout J. Biogas quality across small-scale biogas plants: A case of central Vietnam. // Energies. – 2018. – Vol. 11(7). // doi.org/10.3390/en11071794.

[14] Rzeznik W., Mielcarek P. Agricultural biogas plants in Poland. // Engineering for Rural Development. – 2018. – Vol. 17. – P. 1760 – 1765.

[15] Scheutz C., Fredenslund A.M. Total methane emission rates and losses from 23 biogas plants. // Waste Management.– 2019. – Vol. 97. – P. 38 – 46.

Болатов Н.Қ., Қасымжанова Қ.С., Оразов О.Ш., Болатова Ж.Т.

Биомассаны араластырудың және айналымының оңтайлы жүйесі бар эксперименттік биогаз қондырғысында процестің тұрақтылығын анықтау.

Түйіндеме. Бұл жұмыстың авторлары ашыту процесі моделінің қоршаған орта температурасы мен еріген органикалық заттардың концентрациясының шамалы бұзылуларына тұрақтылығын зерттеу тұрақтылық аймақтарын, қоршаған орта температурасы мен еріген органикалық заттардың концентрациясының мүмкін болатын өздігінен тербелу аймақтарын, сондай-ақ анаэробты метанды ашыту процесін зерттеуде өзекті болып табылатын диссипативті құрылымдардың пайда болу аймағын анықтауға мүмкіндік беретінін көрсетеді. Жұмыстың жаңалығы ашыту процесі моделінің тұрақтылығын бұзудың міндетті шарты температура өрісінің гетерогенділігі және ерітілген Органикалық заттардың концентрациясы болып табылатындығымен анықталады, бұл биогаз қондырғысының өнімділігі мен биогаздың калориялық қабілетіне айтарлықтай әсер етеді. Зерттеудің практикалық маңыздылығы анаэробты ашытудың дамуын қамтамасыз ететін эксперименттік биогаз қондырғысындағы биомассаның ыдырау формасы мен моделімен анықталады.

Түйінді сөздер: анаэробты метанды ашыту, органикалық заттар, субстрат, экологиялық әсер.

УДК 628.38

N.K. Bulatov[1], M.A. Ayatkhan[1], Zh.T. Bulatova[1], A.B. Akhmetzhanova[1]
([1]A.Myrzakhmetov Kokshetau university, Kokshetau, Kazakhstan,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, jnkt@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

EXPERIMENTAL AND ENGINEERING TESTS OF A PROTOTYPE BIOGAS PLANT

Abstract. Test production of equipment that allows to produce biogas is based on standard technologies and methods for implementing the principle of biogas production. The main difference between samples of equipment is the rapid sale of products on the market and with a large number. However, the main methods, forms and methods of obtaining biogas using modern equipment require development and improvement. The relevance of the work is that there is a need to improve the equipment for the production of biogas in standard technical conditions of production. The novelty of the research is that an improved model for working and producing biogas using fermentation methods in biogas plants, based on the work of microorganisms with the release of methane, is proposed. The practical application of the research results is due to the fact that increasing the productivity of biogas plants will help to develop an understanding of the need for environmentally friendly fuel in the world market.

Key words: Biogas, production, fermentation, plant, methane, biogas plant.

Н.К. Булатов[1], М.А. Аятхан[1], Ж.Т. Булатова[1], А.Б. Ахметжанова[1]
([1]Кокшетауский университет имени А. Мырзахметова, Кокшетау, Республика Казахстан,
E-mail: nurzhan_b_80@mail.ru, jnkt@mail.ru, zhakotai_85@mail.ru)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ

Аннотация. Испытательное производство оборудования, позволяющего производить биогаз, основано на стандартных технологиях и методах реализации принципа производства биогаза. Основное различие между образцами оборудования заключается в быстрой реализации продукции на рынке и с большим количеством. Однако основные методы, формы и способы получения биогаза с использованием современного оборудования требуют развития и совершенствования. Актуальность работы заключается в том, что существует необходимость совершенствования оборудования для производства биогаза в стандартных технических условиях производства. Новизна исследования заключается в том, что предложена усовершенствованная модель работы и получения биогаза с использованием методов ферментации в биогазовых установках, основанная на работе микроорганизмов с выделением метана. Практическое применение результатов исследований обусловлено тем, что повышение уровня производительности биогазовых установок позволит выработать понимание необходимости экологически чистого топлива на мировом рынке.

Ключевые слова: Биогаз, производство, ферментация, установка, метан, биогазовая установка.

ВВЕДЕНИЕ

Для образования метана в процессе биологической деструкции органических веществ обычно требуется превращение их в уксусную кислоту или CO_2. Так что, когда уксусная кислота превращается в метан, образуется CO_2, то для образования метана требуется молекулярный водород.

Конверсия высокомолекулярных веществ образует летучие жирные кислоты, соотношение которых зависит от условий процесса и соотношения микроорганизмов в группе [1, 2]. Преимущество некоторых из них в обмене веществ определяется факторами окружающей среды, в том числе pH. Конкуренция метаболических путей также зависит от процессов, ведущих к высвобождению энергии и созданию высокоэнергетических соединений (ВЭС). Количественный выход энергии, который может быть получен в процессе метаногенеза, зависит от используемого субстрата. Чаще всего метаногенные микроорганизмы получают энергию с помощью водорода [3].

Снижение pH до 6,5 замедляет процесс метаногенеза. В результате чего происходит накопление уксусной кислоты, что приводит к ее дальнейшей трансформации с образованием ряда других кислот, не являющихся подходящими субстратами для процесса метанообразования [4]. В ходе этого процесса увеличивается скорость гидролиза высокомолекулярных веществ, что приводит к увеличению количества низкомолекулярных веществ, таких как пируват, глицеральдегид-3 – фосфат, формиат и др. [5]. При использовании пирувата некоторые виды клостридий, эубактерий, пептококков и др., содержащиеся в ассоциации при pH = 5-6, продуцируют водород с участием пируватных ферментов: фередоксиноксидоредуктазы и фередоксин зависимой гидрогеназы (ФД) по уравнениям:

$$Piruvate + Fd + CoA \rightarrow Acetyl - CoA + CO_2 + FdH_2, \quad (1)$$

$$FdH_2 \rightarrow Fd + H_2, \quad (2)$$

Для некоторых видов микроорганизмов окисляется не пируват, а глицеральдегидфосфат, который восстанавливается с помощью глицеральдегидфосфата: фередоксиноксидоредуктазы, которая увеличивает выход водорода и увеличивает парциальное давление в среде. В кислой среде формиат также образуется энтеробактериями, эшерихиями, клостридиями, метанобревибактериями, стрептококками с участием: пирувата: формиат-лиазы [6]:

$$Piruvate \rightarrow Acetyl - CoA + Formate. \quad (3)$$

Формиат с участием комплекса формиат дегидрогеназы разлагается с образованием метана и CO_2:

$$4HCOOH \rightarrow CH_4 + 3CO_2 + 2H_2O, \quad (4)$$

Микроорганизмы обеспечивают различные типы ферментации и способны продуцировать NAD (F) H с зависимой гидрогеназой; а также могут продуцировать водород при окислении NAD(F)N, используя NADH: фередоксин оксидоредуктаза:

$$NAD(F) + H^+ \rightarrow NAD(F)^+ + H_2, \quad (5)$$

Водород образуется и вступает в реакцию с CO_2. Высокое парциальное давление водорода приводит к ингибированию гидрогеназы и, как следствие, снижению выработки водорода [7]. Кислая среда изменяет тип ферментации (метаболизма) микроорганизмов с использованием низкомолекулярных веществ на стадии ацидогенеза (второй этап) [8]. Также происходит образование нейтральных веществ повышающие значения pH в процессе ферментации и провоцируют образованию метана [9].

Процесс разложения высокомолекулярных соединений и образования кислот увеличивается и приводит к снижению pH, то есть повторяемость процессов должна приводить к синусоидальной зависимости выхода биогаза [10].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

За основу математического выражения был взят реактор с перемешиванием находящихся в нем веществ [11]. Благодаря статическому изотермическому процессу R_{ez} можно отметить, как уравнение материального баланса [12]:

$$\frac{1}{\tau}\left(C_{BX_i} - C_i\right) + W_{r_i} = 0, \quad (6)$$

Рассмотрим непоточный реактор с мешалкой, в котором протекает реакция изотермического типа [13]:

$$A \overset{k_i}{\rightarrow} B + C, \quad (7)$$

или

$$CH_3COOH \overset{k_1}{\rightarrow} CH_4 + CO_2, \quad (8)$$

Концентрации компонентов в выходном потоке: моль/дм^3, константа скорости реакции, время пребывания в реакторе – 20 суток [14].

Общая стоимость образования рассматриваемых компонентов реакции, кинетическое соотношение которых соответствует данному механизму реакции, имеет следующий вид [15]:

$$\begin{cases} W_{r_A} = \frac{dC_A}{dt} = -k_1 C_B C_C \\ W_{r_B} = \frac{dC_B}{dt} = -k_1 C_B C_C, \\ W_{r_C} = \frac{dC_C}{dt} = -k_1 C_B C_C \end{cases} \quad (9)$$

Тогда выражение изотермического процесса можно переписать в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{1}{t}(C_{Abx} - C_A) - k_1 C_B C_C = 0 \\ \frac{1}{t}(C_{Bbx} - C_B) - k_1 C_B C_C = 0, \\ \frac{1}{t}(C_{Cbx} - C_A) - k_1 C_B C_C = 0 \end{cases} \quad (10)$$

Произведя перегруппировку по отношению к исходным концентрациям, можем привести систему к виду:

$$\begin{cases} C_{Abx} = tk_1C_BC_C + C_A \\ C_{Bbx} = -tk_1C_BC_C + C_B, \\ C_{Cbx} = -tk_1C_BC_C + C_C \end{cases} \quad (11)$$

Решая систему линейных уравнений для заданной константы скорости реакции, времени пребывания и входной концентрации, можно получить концентрации компонентов в выходном потоке [16]. Изотермический тепловой режим, обеспечиваемый равенством теплопотребления и теплопотребления, равен [17]:

$$\frac{dT}{dt} = 0, \quad (12)$$

Тогда обобщенное математическое выражение будет иметь следующий вид:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = 0 \\ \frac{dC_A}{dt} = -k_1C_BC_C \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1C_BC_C \\ \frac{dC_C}{dt} = k_1C_BC_C \end{cases}, \quad (13)$$

Запишем математическое выражение через концентрацию вещества *A*:

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = 0 \\ \frac{dC_A}{dt} = -k_1C_A \\ \frac{dC_B}{dt} = k_1C_A \\ \frac{dC_C}{dt} = -k_1C_A \end{cases}, \quad (14)$$

Математическое описание R_{ez} для заданного теплового режима (изотермического) представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений первого порядка.

Поскольку наша система представлена в виде набора дифференциальных уравнений, будем использовать один из самых простых, но в то же время один из самых точных численных методов, а именно метод Эйлера с постоянным шагом интегрирования.

Суть метода заключается в том, что производная заменяется отношением конечных разностей, что значительно упрощает расчеты. Численное интегрирование вычисляется по рекуррентному соотношению:

$$y_{i+1} = y_i + h * F(x, y), \quad (15)$$

где h – шаг интегрирования, $F\ (x,\ y)$ – правая часть дифференциального уравнения, y_i – предыдущее приближение искомой величины.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В рисунке 1 показаны результаты кинетики компонентов *B* и *C* (CH_4 и CO_2, соответственно). В начале (точка (0; 0) теоретически в реакторе отсутствуют компоненты *B* и *C*, они образуются из компонента *A* (CH_3COOH). После достижения пика выход компонентов *A* и начинает резко снижаться из-за подкисления среды ацетатом.

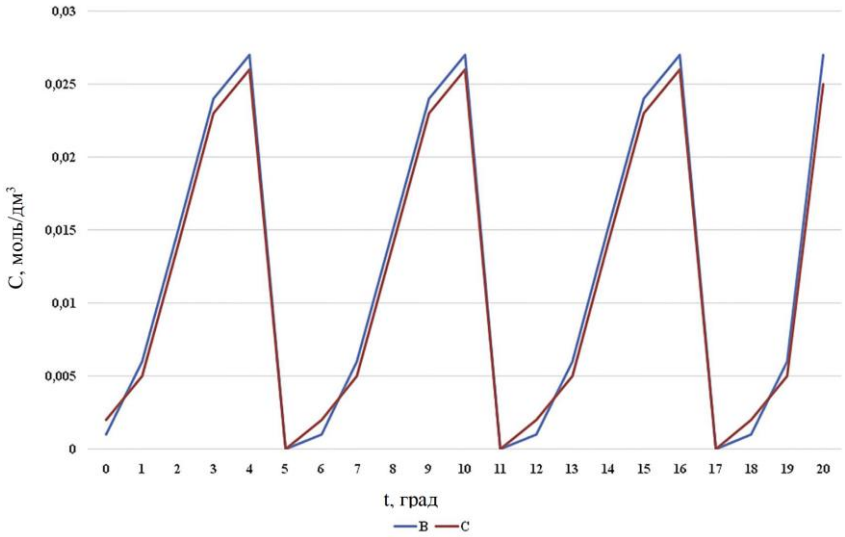


Рис. 1. Выход компонента В – метана и С – СО2

На рисунке 2 показан расход компонента *А* в процессе реакции. Содержание ацетата падает до определенной концентрации, при которой значение pH среды нормализуется до оптимального для процесса метаногенеза.

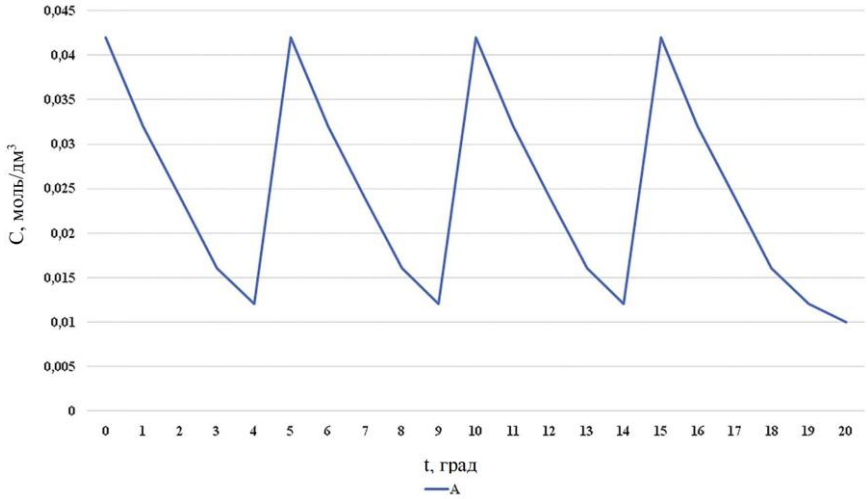


Рис. 2. Расход компонента А во время реакции метанообразования

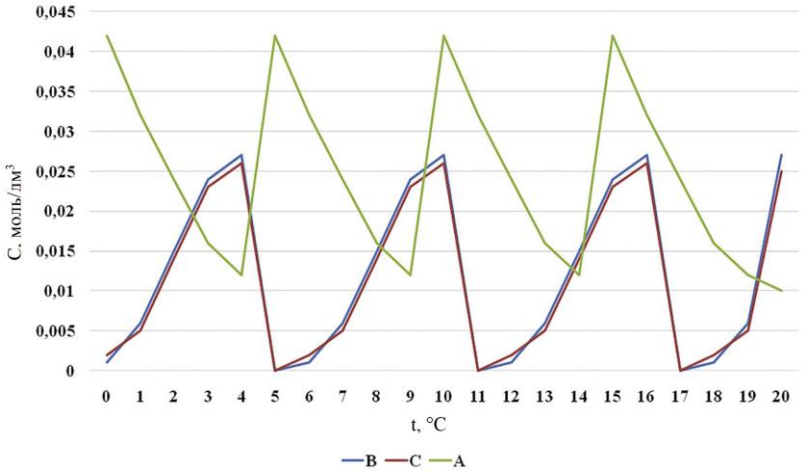


Рис. 3. Выход биогаза (С и В) и потребление ацетата (А)

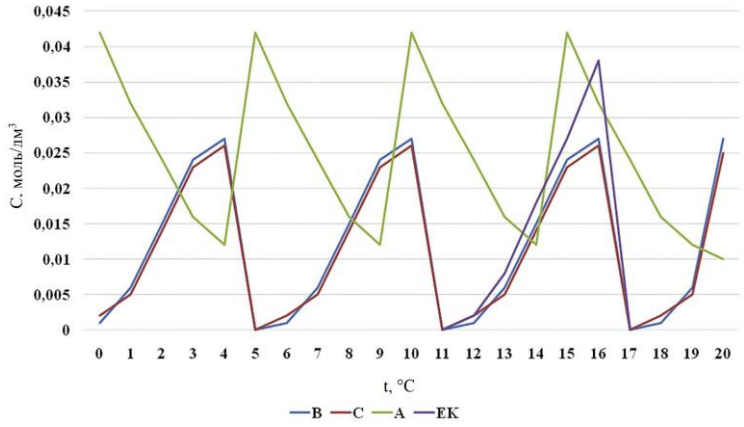


Рис. 4. Зависимость расхода биогаза В – метан, С – CO_2 от изменения концентрации уксусной кислоты А в процессе ферментации (t), E_k – экспериментальные данные

На рисунке 3 показана комбинированная зависимость оттока веществ *B* и *C* и потребления вещества *A* в процессе метаногенеза. На основе рисунка 3, можно констатировать, что максимальный выход биогаза (компоненты *B* и *C*) соответствует минимальной концентрации ацетата (компонент *A*) в ферментере, что подтверждается данными экспериментальных исследований.

На рисунке 4 приведены экспериментальные и расчетные данные в соответствии с предложенным математическим выражением. Исходное содержание ацетата составляло $4{,}2*10^{-2}$ моль / дм^3.

Как видно из рисунка 4, данные, полученные с помощью предложенного математического описания, коррелируют с данными одного из пиков эксперимента. Несколько более высокая практическая ценность оттока метана по отношению к предложенной модели объясняется тем, что образование метана происходит также из углекислого газа и водорода, что не учитывается в модели. В связи с этим рассмотрим его применение на модельном промышленном предприятии, активно использующем технологии производства биогаза.

При переработке биомассы различного происхождения с использованием биогазовых технологий (метановое брожение) возникает проблема очистки воды, которая образуется в процессе обезвоживания навоза из сброженного остатка. В случае ферментации фильтрат содержит высокую концентрацию ионов аммония (С (NH_4^+) ≤ 180 мг/дм^3) и не может быть использован для создания концентрации субстрата, необходимой для процесса ферментации. Эта проблема видится особенно острой при анаэробной переработке отходов птицефабрик, так как навоз (влажность 65,6 ± 3,3%) не имеет достаточной влажности (90%) для прохождения процесса. Учитывая объем образования такой воды (90 м^3 реактора с объемом 2550 м^3 каждые 24 ч) и отсутствие эффективных технологий ее очистки, возникает проблема антропогенного давления на природные водоемы или подземные воды, которые могут получить неочищенную богатую нитрогенными веществами воду после стадии обезвоживания.

Добавление целлюлозосодержащего субстрата позволяет снизить концентрацию аммонийных соединений в воде после обезвоживания сброженного остатка, но не решает проблему, поскольку повышает себестоимость конечного продукта и не позволяет достичь требуемых концентраций ионов аммония для его повторного использования. Увеличение численности птиц потребует большего количества субстрата и большего количества воды для достижения рациональных параметров пищеварения.

В литературе описаны различные способы биологического удаления соединений азота, в том числе аммония: последовательные анаэробно-аэробные стадии, включающие возврат воды в анаэробный реактор после аэробных; аноксидные процессы и их комбинации. Тем не менее, такие методы малоэффективны, так как восстановление соединений азота происходит в основном за счет увеличения органической биомассы, а не образования молекулярного азота (N_2). Кроме того, предлагаемые технологии не рассчитаны на высокие концентрации NH_4+(C > 70 мг/дм^3), так как это позволяет подавлять жизнедеятельность микроорганизмов, участвующих в процессе очистки воды после стадии обезвоживания. Эта проблема может быть решена с помощью анаммокс-бактерий, которые образуют молекулярный азот.

Для выяснения влияния субстрата на содержание трески и азотистых соединений NO_2, NO_3^-, NH_4^+ в воде после метанового брожения навоза отбирали фильтрат после брожения (21 день) следующего сырья: навоз – бумажные отходы (1:1), отходы в виде навоз-солома (1:1), навозные отходы (1:1).

Результаты количественного анализа представлены в таблице 1. Полученные результаты послужили входными показателями воды, подвергнутой биологической очистке.

В воде после обезвоживания сброженного остатка нитрат-ионов обнаружено не было (NO_3^-). Это можно объяснить тем, что нитраты образуются в аэробных условиях при окислении нитритных промежуточных соединений по следующей реакции:

$$NO_2^- + 2O_2 = 2NO_3F, \quad (16)$$

Таблица 1. **Содержание азотистых соединений и осадков в воде после метанового сбраживания навоза из целлюлозосодержащего сырья различного происхождения**

Индикатор	Навоз – бумажные отходы (1:1) (I)	Навоз – солома (1:1) (II)	Навоз – трава (1:1) (III)
COD мгО $_2$/dm^3	1200 ± 50	1040 ± 50	1800 ± 50
NO_2 –, мг/dm^3	2,0 ± 0,04	1,4 ± 0,03	1,6 ± 0,03
NH 4+, мг/dm^3	74 ± 3,5	138 ± 7	69 ± 3,5

Поскольку в ферментере поддерживались анаэробные условия для прохождения процесса метаногенеза, образование нитратов не происходило.

По результатам таблицы 1 содержание осадков на выходе из биореактора для субстрата, содержащего бумажные отходы и солому, было в 1,5 раза ниже, чем при использовании только навоза. Это можно объяснить высоким содержанием плохо растворимой целлюлозы, которая медленно разлагается, но промежуточные соединения, декстрины, образующиеся в процессе биодеградации, растворимы в воде и повышают ценность осадков.

Более того, при использовании смеси помета с соломой (проба из воды II) концентрация ионов NH_4^+ в 2 раза выше, чем в воде при брожении помета с бумагой и без добавок (пробы I и III). Эту закономерность можно объяснить тем, что солома имеет большее количество лигнина и его разложение происходит медленнее, что приводит к большему разрушению навоза как сырья, легче разлагающегося. Разложение компонентов помета, мочевины, белков, аминов и аминокислот приводит к повышению содержания ионов аммония в среде ферментера.

Поэтому использование субстратов, содержащих большее количество лигнина, что ограничивает доступ микроорганизмов к питательным веществам, приводит к увеличению содержания ионов аммония в воде после обезвоживания сброженной биомассы. Использование субстратов, содержащих значительное количество целлюлозы, которую трудно растворить, приводит к увеличению содержания трески, но не влияет на количество аммонийного азота. В момент окисления органических соединений образуется NH_4^+, который в аэробных условиях окисляется в двухступенчатом процессе нитрификации со следующими реакциями:

$$2NH_4^+ + 3O_2 + 2HCO_3^-{}^{®}2CO_3^{2-} + 2NO_2^- + 2H_2O + +6H^+, \quad (17)$$

$$2NO_2^- + O_2^{®}2NO_3^-; 64\ 87\ \text{кДж*моль}. \quad (18)$$

В то же время процесс нитрификации сопровождается образованием ионов водорода, что приводит к подкислению среды и снижению скорости процесса или полному его ингибированию при значении pH ниже 5. Нитрификация начинается после утилизации органического вещества, так как присутствие органического вещества снижает активность нитрификаторов. Таким образом, для осуществления процесса нитрификации необходимо снизить содержание трески. Процесс нитрификации является предельной стадией очистки воды после стадии обезвоживания сброженной биомассы от азотистых соединений.

При отсутствии кислорода в аноксидных или анаэробных условиях нитриты и нитраты ионов восстанавливаются до азота или оксидов азота с помощью органических веществ или денитрифицирующих микроорганизмов. Общая идея заключается в том, что процесс очистки воды от

азотистых соединений в концентрации 100 мг/дм^3 занимает 3-4 дня, в зависимости от условий окружающей среды и возраста осадка.

Органические вещества, участвующие в процессе денитрификации, представляют собой продукты разложения высокомолекулярных органических веществ и метаболитов жизнедеятельности микроорганизмов, присутствующих в реакторе, таких как метанол, этанол, уксусная кислота, сахар и др. При использовании этанола для восстановления нитратов образуется 6 молекул азота:

$$5C_2N_5ON + 12NO_3^- \rightarrow 10CO_2 \uparrow + 6N_2 \uparrow + 9H_2O + 12OH^-, \quad (19)$$

уксусная кислота – 4 молекулы азота:

$$5CH_3COON + 8NO_3^{-®} 10CO_2 - + 4N_2 - + 6H_2O + 8OH^-, \quad (20)$$

То есть компоненты воды из реактора могут выступать в качестве восстановителей для нитратов. Для получения нитратов из ионов аммония, содержащихся в воде после сбраживания помета, количество которых зависит от используемого субстрата, (таблица 1) необходимо провести стадию аэробного окисления загрязняющих веществ воды после стадии обезвоживания сброженной биомассы.

Молекулярный азот можно получить путем смешивания потоков газированной воды и воды из анаэробной стадии. В этих условиях возможно образование молекулярного азота по схеме:

$$NH_4^+NO_2^- = N_2 - + 2N_2O; \text{-358 кДж*моль}, \quad (21)$$

Помимо прямой химической реакции (21) в ферментере протекает биологический процесс в присутствии анаммоксибактерий – образование молекулярного азота из нитрита и аммиака путем реакции:

$$5NH_4^+ + 3NO_2^- = 4N_2 - + 6H_2O + 8H^+; \text{-297 kJ*mol}, \quad (22)$$

Как видно из уравнения, в процессе участвуют 5 молекул азота в аммонийной форме и 3 молекулы азота в форме нитрата и образуются четыре молекулы молекулярного азота. То есть ионы аммония непосредственно используются для образования азота, что технологически выгоднее для удаления высоких концентраций NH_4^+, присутствующих в воде при ферментации помета, чем при использовании стандартных технологий утилизации ионов аммония.

Теоретически обоснованы возможные пути образования метана при ферментации и возможные предшественники биохимических реакций в зависимости от условий культивирования (pH, концентрация продуктов реакции).

Предложено математическое выражение, позволяющее исследовать влияние на процесс получения метана микроорганизмами таких факторов, как изменение концентрации исходного субстрата (ацетата) и связанное с этим изменение концентрации ионов водорода (pH).

Статья опубликована по проекту грантового финансирования МОН РК на 2018-2020 годы № AP05132295 «Разработка опытно-промышленной установки с оптимальной системой перемешивания и циркуляцией биомассы для анаэробного брожения различных органических отходов и производства биогаза, органически-минеральных удобрений».

ЛИТЕРАТУРА

[1] Straus Ch., Vetter A., von Felde A. Biogas production and energy crops. // Encyclopedia of Sustainability Science and Technology. – New York: Springer New York, 2012. – P. 1097–1145.

[2] Beltramo T., Theuerl S., Klocke M., Hitzmann B. Estimation of the biogas production rate, a chemometrical approach. // J. Cheminf. – 2014. – Vol. 6(1). – P. 26.

[3] Basri M.F. Improved biogas production from palm oil mill effluent by a scaled-down anaerobic treatment process. // World J. Microbiol. Biotechnol. – 2010. – Vol. 26(3). – P. 505–514.

[4] Gribust I. Regulation of the state of plantings in the anthropogenically transformed territories: the principle of dendrological diversity. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 11–21.

[5] Sounni F. Electrocoagulation of olive mill waste waters to enhance biogas production. // Biotechnol. Lett. – 2018. – Vol. 40(2). – P. 297–301.

[6] O'Riordan K. Grass for biogas production - anaerobic methane production from five common grassland species at sequential stages of maturity. // Breeding Strategies for Sustainable Forage and Turf Grass Improvement. – Dordrecht: Springer Netherlands, 2013. – P. 383–388.

[7] Bolong N., Asri H.A., Ismail N.M., Saad I. Effect of seaweed physical condition for biogas production in an anaerobic digester. // Anaerobic Digestion Processes: Applications and Effluent Treatment. – Singapore: Springer Singapore, 2018. – P. 165–175.

[8] Kolchakov V. Possibilities for biogas production from waste-potential, barriers, and legal notices. // Energy Solutions to Combat Global Warming. – Cham: Springer International Publishing, 2017. – P. 181–191.

[9] Kim M-J., Kim S-H. Evaluation of biogas production performance during the anaerobic digestion of lipids with four or more double bonds. // J. Biosyst. Eng. – 2019. – Vol. 23(1). – P. 37–40.

[10] Belitskaya M. Ecologically adaptive receptions control the number of pests in the ecosystems of transformed at the forest reclamation. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 1–10.

[11] Getahun T. The potential of biogas production from municipal solid waste in a tropical climate. // Environ. Monit. Assess. – 2014. – Vol. 186(7). – P. 4637–4646.

[12] Kruzhilin S., Baranova T., Mishenina M., Zaitseva M. Regional specificity creation of protective afforestations along highways. // World Ecol. J. – 2018. – Vol. 8(2). – P. 22–32.

[13] Lourinho G., Brito P.S.D., Rodrigues L.F. Experimental biogas production and biomethane potential of swine wastewater among different production stages. // Innovation, Engineering and Entrepreneurship. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 675–681.

[14] Kushchev L.A., Okuneva G.L., Suslov D.Yu., Gravin A.A. Modeling biogas production in bubbling bioreactors. // Chem. Petrol. Eng. – 2012. – Vol. 47(9). – P. 613–618.

[15] Ince B. Effect of oxytetracycline on biogas production and active microbial populations during batch anaerobic digestion of cow manure. // Bioproc. Biosyst. Eng. – 2013. – Vol. 36(5). – P. 541–546.

[16] Pollmann O., Podruzsik S., van Rensburg L. Risks and opportunities of sustainable biomass and biogas production for the African market. // Human and Environmental Security in the Era of Global Risks: Perspectives from Africa, Asia and the Pacific Islands. – Cham: Springer International Publishing, 2019. – P. 277–289.

[17] Muske A. N., Venkateswara Rao P. Evaluation of biogas production potential by anaerobic co-digestion with substrate mixture of fruit waste, lawn grass, and manures. // Water Resources and Environmental Engineering II. – Singapore: Springer Singapore, 2019. – P. 91–99.

Болатов Н.Қ., Аятхан М.А., Болатова Ж.Т., Ахметжанова А.Б.

Биогаз қондырғысының тәжірибелік үлгісін эксперименттік және инженерлік сынау.

Түйіндеме. Биогаз өндіруге мүмкіндік беретін жабдықты сынау өндірісі стандартты технологиялар мен биогаз өндіру қағидатын іске асыру әдістеріне негізделген. Жабдықтың үлгілері арасындағы басты айырмашылық-нарықта өнімді тез сату және көп мөлшерде. Алайда, заманауи жабдықты қолдана отырып, биогаз алудың негізгі әдістері, формалары мен әдістері даму мен жетілдіруді қажет етеді. Жұмыстың өзектілігі өндірістің стандартты техникалық жағдайларында биогаз өндіруге арналған жабдықты жетілдіру қажеттілігі бар екендігінде жатыр. Зерттеудің жаңалығы-метан шығаратын микроорганизмдердің жұмысына негізделген биогаз қондырғыларында ашыту әдістерін қолдана отырып, жұмыс пен биогаз алудың жетілдірілген моделі ұсынылған. Зерттеу нәтижелерін практикалық қолдану биогаз қондырғыларының өнімділік деңгейінің артуы әлемдік нарықта экологиялық таза отынның қажеттілігі туралы түсінік қалыптастыруға мүмкіндік беретіндігімен байланысты.

Түйінді сөздер: Биогаз, өндіріс, ферментация, қондырғы, метан, биогаз қондырғысы.

ӘОЖ 004.9

[1]E. Daiyrbayeva, [2]F. Murzin, [1]A. Toigozhinova, [1]M. Lipskaya

([1]Kazakh academy of transport and communications named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan, [2]Novosibirsk State University, A.P. Ershov Institute of Informatics Systems, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Novosibirsk, Russian Federation)

METHODS AND RESULTS OF USING THE STRIP METHOD IN IMAGE PROCESSING

Abstract. In order to ensure the safety of human life and society, it is necessary to ensure the safety of human life and society. Its value consists in converting a signal or image into fragments equal to its length or area at the end of the transmitter, by forming their linear combinations and reverse «gluing». The converted signal (figure) is transmitted through a communication channel that is subject to an obstacle. Its action can lead to distortion or complete loss of individual fragments of the sent message. At the end of reception, the reverse conversion is performed, resulting in the signal (video) being restored. If the data provides an even distribution of obstacles along the entire length or area of the data, then its amplitude significantly weakens and an acceptable quality of all sections of the restored message is achieved.

The main goal of this work is to study the problem of how well signals and images will be restored for various types of matrices and interference. The possibility of using image conversion strip in combination with compression is also considered, which reduces the cost of computing for data storage and transmission. To conduct the research, the Matlab program was used, which allows performing strip conversion of signals and images.
Keywords: *the strip method, steganography, matrix Adamara, fragment.*

[1]Э.Н.Дайырбаева, [2]Ф.А. Мурзин, [1]А.Ж. Тойгожинова , [1]М.А. Липская
М. Тынышбаев атындағы Қазақ көлік және коммуниациялар академиясы, Алматы, ҚР, [2] Новосібір мемлекеттік университеті, Ресей ғылым академиясының Сібір бөлімшесі, А.Р. Ершов атындағы Информатика жүйелері институты, Новосибирск,
Ресей Федерациясы, nurbekkyzy_e@mail.ru)

СУРЕТТЕРДІ ӨҢДЕУДЕ СТРИП-ӘДІСТІ ПАЙДАНАЛУ ЖОЛДАРЫ МЕН НӘТИЖЕЛЕРІ

Аңдатпа: Стрип-әдіс суреттер мен сигналдарды сақтауға және кедергіге (шуға) төзімді түрде тарату үшін қолданылатын әдістердің бірі болып табылады. Осы әдістің мүмкіндіктерін пайдалана отырып, бір өлшемді және екі өлшемді түрлендірулерді қолданып Matlab жүйесінде орындалған программаның жұмысы мен нәтижелері келтірілген.
Кілттік сөздер: стрип-әдіс, стеганография Адамар матрицалары,фрагмент.

Кіріспе. Коммерциялық немесе қызметтік құпияны жиі құрайтын сандық графикалық файлдарды тарату үшін ашық байланыс арналарын кеңінен пайдалану оларды рұқсатсыз көруден, көшіруден немесе ауыстырудан қорғаудың сенімді құралдарын жасау қажеттігіне әкелді.

Ашық байланыс арналары арқылы берілетін ақпарат ашу, өзгерту және жою қатеріне ұшырайды. Ақпаратты ашуға қарсы тұру үшін криптографиялық әдістер, ал тұтастыққа кепілдік беру үшін – электрондық цифрлық қолтаңба құралдары кеңінен қолданылады. Ақпаратты ашудан және ауыстырудан қорғау бойынша шешілген проблемалар аясында жойылу қаупіне қарсы іс-қимыл туралы мәселе шешілген жоқ. Оның ықтимал шешімдерінің бірі-сандық стеганография әдістерін пайдалану. Қазіргі стеганографиялық алгоритмдерді талдау олар жасырын деректерді беру жүйелеріне қойылатын талаптардың жиынтығын ішінара қанағаттандыратынын көрсетті. Сондықтан, сандық стеганография әдістерімен деректердің үлкен көлемін жасыру үшін тұрақты алгоритм жасау және оның негізінде бағдарламалық өнімді әзірлеу міндеті өте өзекті болып табылады.

Есте сақтау және байланыс ұғымдары бір-бірімен тығыз байланысты екені белгілі. Егер жадының функциясы-уақыт бойынша ақпаратты беру болса, онда байланыс функциясы – кеңістіктегі ақпаратты беру. Екі функция да пассивті сипатқа ие: ақпарат тек сақталады және таратылады, бірақ белсенді, мақсатты қайта өңдеуге ұшырамайды. Сондықтан ақпаратты беру жүйелерін (байланыс арналарын) әзірлеу және пайдалану кезінде туындайтын міндеттер бір жағынан ақпаратты жазу аппаратурасында сақтау, екінші жағынан, көп жағдайда ұқсас. Сонымен қатар, сигналды берудің дәлдік параметрлеріне тікелей әсер ететін сигнал/кедергі қатынасын арттыру үлкен маңызға ие.

Байланыс арналары бойынша сигналдарды тарату кезінде маңызды міндетті арнаның түрлі буындарында енгізілетін кедергілер мен бұрмалаулар деңгейін азайту немесе басқаша айтқанда, арна бойынша сигнал берудің дәлдігін арттыру (немесе қателікті төмендету) болып табылады [1].

Стрип-әдіс суреттер мен сигналдарды сақтауға және кедергіге (шуға) төзімді түрде тарату үшін қолданылатын әдістердің бірі болып табылады. Оның мәні сигналды немесе бейнені таратқыш ұшында оның ұзындығына немесе ауданына тең фрагменттерге «бөлу», олардың сызықтық комбинацияларын қалыптастыру және кері «желімдеу» жолымен түрлендіруден тұрады. Түрлендірілген сигнал (сурет) кедергіге ұшырайтын байланыс арнасы арқылы беріледі. Оның әрекеті жіберілген хабардың жекелеген фрагменттерін бұрмалауға немесе толық жоғалтуға әкелуі мүмкін. Қабылдау соңында кері түрлендіру орындалады, нәтижесінде сигнал (бейне) қалпына келтіріледі. Егер берілген деректердің барлық ұзындығы немесе ауданы бойынша кедергілердің біркелкі таралуын қамтамасыз ететін болса, онда оның амплитудасы едәуір әлсірейді және қалпына келтірілген хабарламаның барлық учаскелерінің қолайлы сапасына қол жеткізіледі.

Бұл әдістің артықшылығы тарату соңында бастапқы сигналдың немесе бейненің (суреттің) барлық фрагменттерін сызықтық біріктіру жүзеге асырылады. Бұл жіберілетін хабарламаның әрбір фрагменті бастапқы хабарламаның барлық фрагменттері туралы ақпаратты алып жүреді, бұл фрагменттердің көп бөлігі жоғалған немесе бүлінген жағдайда барлық сигналды немесе барлық

бейнені аз бұрмаланған қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Бұл мағынада стрип-әдіс голограммаға ұқсайды. Мұндай кедергілер жағдайында сүзудің классикалық алгоритмдері суреттің ойламаған учаскелерін өзгертудің жанама әсерлеріне әкелуі мүмкін. Сондай-ақ, стрип-әдіс суреттердің деректер базасында және басқа да көрнекі ақпаратты сақтау, өңдеу және берудің компьютерлік жүйелерінде пайдаланылуы мүмкін.

Бұл жұмыстың негізгі *мақсаты* әртүрлі матрицалар мен кедергілердің әр түрлі типтеріне арналған сигналдар мен суреттерді қалпына келтіру қаншалықты сапалы болатын мәселені зерттеу болып табылады. Сондай-ақ, суреттерді компрессиямен ұштастыра түрлендіру стрипін қолдану мүмкіндігі қарастырылады, бұл деректерді сақтау және беру үшін есептеу шығындарын азайтады. Зерттеу жүргізу үшін сигналдар мен суреттерді стрип-түрлендіруді жүзеге асыруға мүмкіндік беретін Matlab бағдарламасы қолданылды [2].

Эксперименталдық бөлім.

Бір өлшемді стрип-түрлендіру сигналдарды тарату үшін қолданылады және үш кезеңді қамтиды: тікелей түрлендіру, байланыс арнасы бойынша тарату және кері түрлендіру.

Түрлендірудің бірінші кезеңі-ұзақ бастапқы $x(t), 0 \le t \le T$ сигналды n бірдей ұзақтық учаскелеріне $h = \frac{T}{n}$ бөлу және төмендегідей n қысқа сигналдар алуға негізделген:

$$x_1(t) = x(t), x_2 = x\left(t + \frac{T}{n}\right), \dots, x_n(t) = \left(t + (n-1)\frac{T}{n}\right),\ 0 \le t \le \frac{T}{n} \qquad [1.1]$$

Бұл өрнектен n −өлшемді вектор-функция құралады:

$$X(t) = \begin{pmatrix} x_1\,(t) \\ \dots \\ x_n\,(t) \end{pmatrix}, 0 \le t \le \frac{T}{n} \qquad [1.2]$$

А ортоганальды матрицасының көмегімен $X(t)$ векторы $Y(t)$ векторына түрленеді:

$$Y(t) = AX(t) = \begin{pmatrix} y_1\,(t) \\ \dots \\ y_n(t) \end{pmatrix}, 0 \le t \le \frac{T}{n} \qquad [1.3]$$

$Y(t)$ векторының компоненттері келесі түрге ие болады: $y_i\,(t) = A_i X(t), i = 1,2, \dots, n,$ мұндағы $A_i - \text{A} -$ ның $i -$ ші қатары. Көріп отырғанымыздай, осындай түрлендірудің нәтижесінде $y_i\,(t) -$ дің әрбір компоненті $x_1(t) -$ дің барлық компоненттері туралы ақпараттан тұратын болады. Бұл егер сигналдың бөлігі бұрмаланса қайта қалпына келтіруді және сигналдарды кедергісіз таратуды қамтамасыз етеді.

Келесі этапта $Y(t)$ байланыс арналары арқылы таратылады, осы кезде сигналдың бір бөлігі бұрмаланады немесе жоғалып кетеді.

Әрі қарай қабылдау ұшында вектор $Y(t) + \Delta Y(t)$, мұндағы $\Delta Y(t)$- кедергінің вектор-функциясы, ол A^{-1} матрицасын қолдану арқылы түрленуге ұшырайды:

$$A^{-1}\big(Y(t) + \Delta Y(t)\big) = X(t) + \Delta X(t) \qquad [1.4]$$

Сигналды қайта қалпына келтіру қателігі төмендегі формула бойынша анықталады:

$$\Delta X(t) = A^{-1}\Delta Y(t) \qquad [1.5]$$

Екі өлшемді түрлендіру. Бір өлшемді жағдайға ұқсас, суреттерді тарату кезінде қолданылатын екі өлшемді түрлендірудің бірінші этапы бастапқы бейнені (суретті) өлшемі жағынан бірдей N тіктөртбұрышты фрагменттерге бөлуден тұрады.

Бейне «кесілетін» тік және көлденең сызықтар санын, m және n арқылы белгілейік; онда $N = mn$. Әрі қарай келесі сұлба бойынша фрагменттердің сызықтың үйлесуі жүзеге асады.

Фрагменттерге бөлінген бастапқы бейне (сурет) өлшемдері $m \times n$ болатын X блок матрицасы ретінде қарастырылады, ол сол жағынан өлшемдері $m \times m$ болатын B матрицасына, ал оң жағынан өлшемдері $n \times n$ ортоганальды A матрицасына көбейтіледі:

$$Z = BXA \qquad [1.6]$$

Бұл жағдайда A, B сандық матрицаларын X блок матрицасына көбейту орын алады, оның элементтері суреттердің (суреттердің) фрагменттері болып табылады. Көбейту мынадай ережелер бойынша жүзеге асырылады:

a) Блоктарды (фрагменттерді) қосу. Суреттердің матрицаларының жекелеген блоктарын (фрагменттерін) қосу блоктардың тиісті элементтерін қосу арқылы жүргізіледі. Бұл операция бірдей өлшемдегі екі матрицаны қосуға ұқсас;

b) Фрагментті санға көбейту. Операция фрагменттің әрбір пискелін санға көбейту арқылы іске асырылады. Бұл ретте фрагменттің жарықтылығы жалпы өзгереді. Операция матрицаны санға көбейту ұқсас;

c) Блоктық матрицаны сандық матрицаға көбейту. Мұндай көбейту "бағанаға жол" ережесі бойынша сандық матрицалардың әдеттегі өзгеруімен ұқсас алғашқы екі операцияны пайдалануды ескере отырып жүргізіледі.

Қаралған тәсіл кескіннің фрагменттерін толық "араластыруды" қамтамасыз етеді: яғни, түрлендірілген суреттің әрбір фрагменті бастапқы суреттің mn барлық фрагменттері туралы ақпаратты қамтиды.

Сәйкесінше, байланыс арнасының қабылдау соңында орындалатын кері түрлендірулер келесі формуласмен сипатталады:

$$X = B^{-1} Z A^{-1} \qquad [1.7]$$

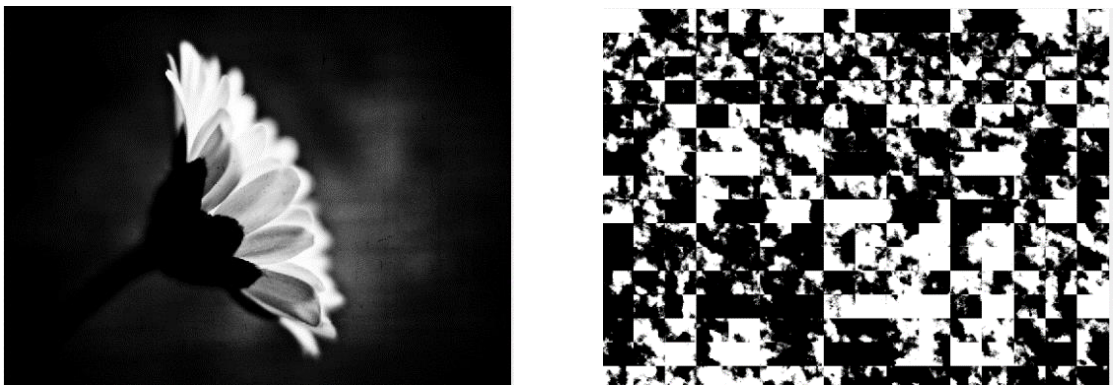
Түрлендіру матрицаларын таңдау. Стрип-түрлендірулер матрицалары бөгеуілдердің байланыс арнасының қабылдау соңында кері декодтау нәтижесінде сигнал немесе суреттер бойынша біркелкі таралуына байланысты таңдалады. Бұл бұрмаланған немесе жоғалған фрагменттер туралы ақпаратты қалпына келтіруге мүмкіндік береді. Қайта қалпына келтірілген хабарламадағы бөгеттердің амплитудасының аз болуын қамтамасыз ететін A түрлендіруінің матрицасының түрін анықтау мәселесі туындайды [3,4].

Кедергі амплитудасы A матрицасының максималды элементінің шамасымен анықталады. Осылайша, түрлендірудің оңтайлы матрицаларын іздеу міндеті ең үлкен элементі аз болатын ортогоналдық матрицаларды іздеу есебіне келіп түседі. Негізінен мұндай қасиеттерді төмендегі жекеленген матрицалар қанағаттандыра алады: төрт еселенген n шамасына арналған Адамар матрицалары , солнымен қатар екі еселенген n шамасы үшін С-матрицалары [5].

Түрлендіру нәтижелері. 1-суретте (а) көрсетілген өлшемі 1024×1024 суретті қарастырайық. Бұл суретті тігінен және дәл солай көлденеңінен 8 бөлікке бөлеміз. Пайда болған X блокты матрицасы 8 ретті Адамар матрицасының көмегімен екіжақты стрип-түрлендіруге ұшырайды:

$$Z = \frac{1}{8} A^T X A \qquad [1.8]$$

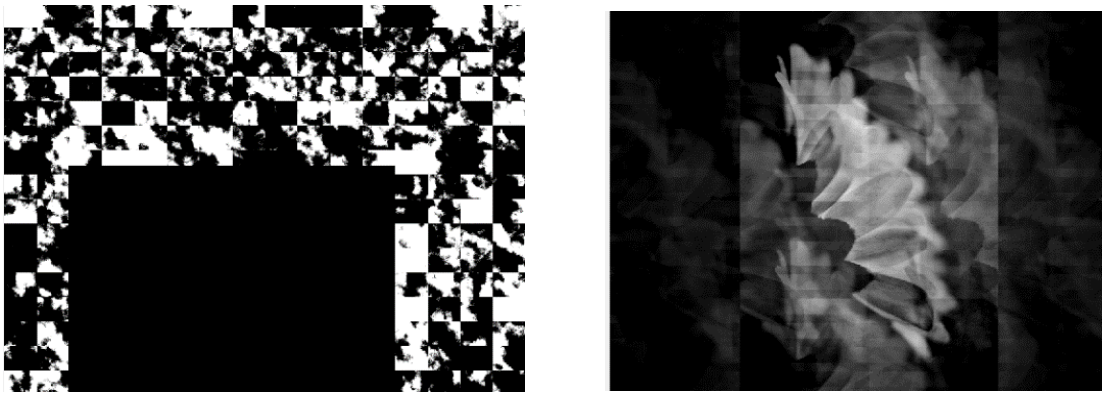
Түрлендірудің нәтижесінде бөліктердің орын ауыстырылуы іске асырылды.



а) бастапқы сурет б) фрагменттелген сурет

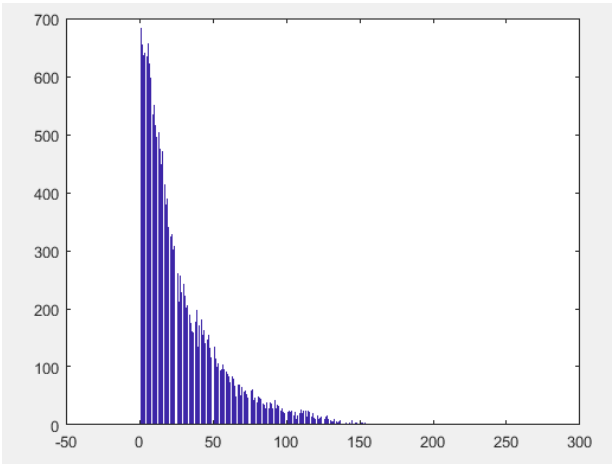
1-сурет

2-суретте тікелей стрип-түрлендіру нәтижесінде алынған, барлық суреттің 50% өлшеміндей кедергі қосылған сурет және оның нәтижесі келтірілген:



а) кедергі арғылы фрагменттелген сурет б) стрип-түрлендіру нәтижесі

2-сурет



3-сурет. Қателік гистограммасы

Стрип-түрлендірудің оңтайлы қасиеттерінің бірі, егер кедергі өлшемі суреттің 80% құраса да, оны көптеген бұрмалаулармен болса да қайта қалпына келтіруге болады (3-сурет).

Бұл жұмыста суретті қайта қалпына келтіру бойынша қателікті есептеудің негізгі үш критериясы қарастырылады:

1) пиксельдер мәндерінің орташа квадратты ауытқуы (L2 өлшем немесе root mean square – RMS);
2) максималды ауытқу (RSD max);
3) сигналдың шуға қатынасы (peak-to-peak signal-to-noise ratio — PSNR).

Келтірілген әрбір жағдайдың өздеріне тән кемшіліктері бар, сондықтан олардың қандайда біреуін таңдау суретке қойылатын негізгі талаптарға сүйене отырып жүзеге асырылады.

1-кестеде кедергінің өлшеміне сәйкес әрбір критерий үшін суретті қалпына келтіру қателіктерінің мәндері келтірілген:

1-кесте.

	RMS	RSD max	PSNR
100 × 100	4,8732	14,9219	34,3746
200 × 200	8,7232	35,7500	29,3173
300 × 300	12,1715	52,0625	26,4239
500 × 500	18,4796	94,5000	22,7969
700 × 700	35,0431	166,0938	17,2387
900 × 900	44,3808	252	15,1869

Қорытынды. Бұл мақалада кедергіге төзімді сигналдар мен суреттерді (суреттерді) тарату және сақтауға арналған стрип әдіс қарастырылды. Әр түрлі кедергілердің тасымалданатын мәліметтердің қайта қалпына келтіру сапасына тигізетін әсері мен қайта қалпына келтіру қателіктерін бағалау негізгі міндет болып табылды. Жұмыс барысында стрип-түрлендірудің бірнеше матрица түрлерімен эксперименттер жүргізілді. Олардың арасынан ең тиімді түрі анықталды.

Matlab жүйесінде әр түрлі матрицалар мен кедергілердің түрлерін қолдана отырып бір және екі өлшемді стрип-түрлендіруді жүзеге асыратын бағдарлама құрылды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Мироновский Л. А., Слаев В. А. Стрип-метод преобразования изображений и сигналов. -СПб ГУАП, 2006.-163 с.

[2] Рассохина А.А. Исследование стрип-метода обработки сигналов и изображений // Материалы 50-й Международной научной студенческой конференции "Студент и аучно-технический прогресс": Информационные технологии.- Новосибирск: НГУ, 2012, с. 19

[3] Rani R. Performance analysis of different orthogonal transform for image processing application // International J. of App. Research – 2015. – Vol. 1, Iss. 12. – P. 844– 847.

[4] Hamid R.S., Fardin M. Spectral–spatial feature extraction using orthogonal linear discriminant analysis for classification of hyperspectral data // European J. of Remote Sensing. – 2017. – Vol. 50, Iss. 1.– P. 111 – 124.

[5] F.A. Murzin, N.A.Ryaskina. Analysis of noise stability of strip-transformation//Bull. Nov. Comp. Center, Comp. Science, 41 (2017), 41-54

Дайырбаева Э.Н., Мурзин Ф.А., Тойгожинова А.Ж., Липская М.А.

Методы и результаты применения стрип-метода в обработке изображений

Резюме: в статье рассмотрен стрип-метод, один из методов, применяемых для хранения изображений и сигналов, устойчивых к сопротивлению (шуму). В системе Matlab представлены работы и результаты, выполненные в системе Matlab с использованием одномерных и двухмерных преобразований с использованием возможностей данного метода.

Ключевые слова: стрип-метод, стеганография матрицы человека, фрагмент.

UTC: 62:004.9
УОК: 62:004.9

D. Sandibek
(Information Systems, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: sandibek_dinara@mail.ru)

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АГЕНТСТВА АЭРОПОРТА

Abstract. In article theoretical approaches to airport definition as natural monopolist in modern conditions of development of the market are considered. Nfrastructure, theoretical approaches to the definition of the airport. The article describes the relevance of research methods and principles for the formation and calculation of airport tax rates. Discussion of research issues: opinions of airline specialists, airport companies, experts and market analysts, an overview of the airport taxes market and how they are used.

Airports are infrastructure enterprises. The airport is the consolidator of monopoly power over a large area. In most cases, an airport can become a natural monopoly on the air transportation market. The Collaborative Airport Research Program has identified a trend towards increased connectivity as stakeholders use digital technology to optimize resources and collaborate effectively.

Keywords: infrastructure industries, airports. airport taxes, airport enterprises, air transportation.

Аңдатпа. Әуежайды анықтауға инфрақұрылымдылық, теориялық көзқарастар қарастырылған. Мақалада зерттеу әдістері мен принциптерінің өзектілігі сипатталған әуежай салығы ставкаларын қалыптастыру және есептеу. Талқылау зерттеу саласындағы сұрақтар: авиакомпания мамандарының пікірлері, әуежай кәсіпорындары, сарапшылар мен нарық талдаушылары, шетелдіктерге шолу әуежай салығы нарығы және оларды қолдану әдістері.

Әуежайлар - бұл инфрақұрылым индустриясындағы кәсіпорындар. Әуежай бұл айтарлықтай үлкен аумақтағы монополиялық биліктің шоғырландырушысы. Көп жағдайда әуежай табиғи монополия буыны бола алады әуе көлігі нарығы. Әуежайлар кооперативін зерттеу бағдарламасы олардың мүдделі тараптары

ресурстарды оңтайландыру және бірлесіп тиімді жұмыс істеу үшін сандық технологияны қолданатындықтан, өзара байланысты жоғарылату тенденциясын анықтады.

Түйінді сөздер: инфрақұрылым салалары, әуежайлар. әуежай салығы, әуежай кәсіпорындары, әуе көлігі

1. Кіріспе

Жалпы жобаның нәтижесі жүйені пайдаланушыларға қажетті функционалдылықты қамтамасыз ететін толыққанды көп форматты қосымша болып табылады. Қосымшада рөлдерді бөлу қарастырылған - рөлге байланысты пайдаланушыға AIRPORT IS ақпараттық немесе басқа функционалды жүйесі ұсынылады. Сонымен қатар, қосымшаның кез-келген, тіпті тіркелген қолданушы үшін қол жетімді ортақ функциялары бар. Бұл функцияларға: әуежай туралы ақпаратты қарау, жүйеде бар рейстерді қарау кіреді. [1].

Әуежайлар сонымен бірге Интернет арқылы жеткізілетін компьютерлік қызметтерге сенім артып келеді, кейбір әуежайлар жолаушылар мен қызметкерлерге өздерінің жеке жабдықтарын (смартфондар, планшеттер және компьютерлер / ноутбуктар) әуежай туралы мәліметтерге, жүйелер мен желілік ресурстарға қол жеткізуге мүмкіндік берді. [1].

Әуежай - үлкен көлік торабы оның мақсаты әуе көлігімен қамтамасыз ету. Физикалық тұрғыдан алғанда бұл мамандандырылған құрылымдардың бүкіл кешені, әуе кемесін қабылдауды, жөнелтуді, жерге орналастыруды қамтамасыз етуге арналған мердігерлерге жердегі қызметтер көрсету, сонымен қатар жолаушылар тасымалы және авиакомпанияның тікелей клиенттеріне қызмет көрсету. Осы бизнес түрінің ерекшелігін және әуекөлігіне сұранысты ескере отырып, атап айтқанда, ірі және төлем қабілетті аймақтарда жұмыс жасауды ұйымдастыру [2].

Әуежай үшін жақсы дамыған инфрақұрылым қажет авиакомпаниялардың барлық ағымдағы және ықтимал қажеттіліктері.Толығырақ талдау үшін типтік қызметтерді анықтау қажет әуежайлар авиакомпаниялар мен жолаушыларға жүк және жолаушыларды тасымалдау үшін қолайлы жағдайларды қамтамасыз етуге арналған әуе көлігі:

1.Ұшу-қону жолағын, такси жолдарын, перрондармен қамтамасыз етуді қоса алғанда, ұшу-қону қызметі аэродромды жарықтандыру жабдықтары; ауданда жердегі іздестіру-құтқару жұмыстары аэродром; ауданда құтқару және өрт сөндіру қызметі аэродром; аудандағы ұшу қауіпсіздігін орнитологиялық қамтамасыз ету аэродром; жер үсті навигациялық қолдау; әуежайда әуе кемесін тұрақпен қамтамасыз ету. [3].

2. Ұшу қауіпсіздігі мен ұшулардың тұрақтылығын авиациялық-инженерлік қолдауды қамтитын техникалық қолдау [4].

3. Авиациялық қауіпсіздікті қамтамасыз ету: рұқсатты орындау және әуежайдағы режим; бақыланатын аумақты қорғау әуежай, оның ішінде тұрақтар мен нысандардағы әуе кемелерін қорғау әуежайдың тіршілік әрекеті; әуежайдың күштері мен құралдарының жолын кесу әрекеттеріне дайындығын сақтау заңсыз араласу актілері; қызметтерді үйлестіру аймақтағы авиациялық қауіпсіздік әуежай. [5].

4. Әуежайды пайдалану бойынша қызметтер, атап айтқанда, жолаушыларға қызмет көрсету (келу, кету, транзит) келу / кету және терминал ғимараты,ұшып кету қызметі келген сәттен бастап жолаушылар тіркеуге дейін және әуежай аумағы келушілерге қызмет көрсету келген сәттен бастап жолаушылар әуежайға дейін әуежай аймағынан кету сонымен қатар қызметтер ауқымы әр түрлі болуы мүмкін тамақтану және демалыс кинотеатрлардың жұмысын ұйымдастырмас бұрын ойын-сауық орталықтары. Әуежай қызметтерінен жоғары өз бетінше де, контрагенттерді тарту арқылы да сата алады, мысалы, тазарту қызметтерін ұсыну немесе жалға беру үшін танымал брендтік желілер, бұл сонымен бірге арқасында пайда табудың бір әдісі әуежайдың сауда нүктесі ретіндегі ерекше тартымдылығы. [6].

2. Әуежай агентігінің зияткерлік жүйелерін жобалаудың құқықтық қорғау

Заң Қазақстан Республикасының әуе кеңістігін пайдалануға және авиация қызметіне байланысты қоғамдық қатынастарды реттейді және адамның өмірі мен денсаулығын, қоршаған ортаны, мемлекет мүдделерін қорғау, әуе кемелерінің ұшу қауіпсіздігін қамтамасыз ету және Қазақстан Республикасы экономикасының, жеке және заңды тұлғалардың авиациялық қызмет көрсетуге қажеттіліктерін қанағаттандыру мақсатында әуе кеңістігі мен авиация қызметін пайдалану тәртібін айқындайды. Әуе кеңістігін пайдалану саласындағы мемлекеттік бақылау және қадағалау.

1. Әуе кеңістігін пайдалану саласындағы мемлекеттік бақылау және қадағалау Қазақстан Республикасының әуе кеңістігін пайдалану тәртібінің бұзылуын болғызбау және (немесе) тоқтату және (немесе) оның жолын кесу мақсатында жүзеге асырылады.

2. Әуе кеңістігін пайдалану саласындағы мемлекеттік бақылау және қадағалау осы Заңда және Қазақстан Республикасының өзге де заңдарында белгіленген тәртіппен жүзеге асырылады. 9-бапқа өзгерту енгізілді - ҚР 2011.01.06 N 378-IV (алғашқы ресми жарияланғанынан кейін күнтізбелік он күн өткен соң қолданысқа енгізіледі) Заңымен.

0-бап. Авиация қызметін мемлекеттік бақылау және қадағалау.

Тақырыпқа өзгерту енгізілді - ҚР 2011.01.06 N 378-IV (алғашқы ресми жарияланғанынан кейін күнтізбелік он күн өткен соң қолданысқа енгізіледі) Заңымен.

Азаматтық авиация саласындағы уәкілетті ұйым тексерулер және бақылау мен қадағалаудың өзге де нысандарын жүргізу кезінде Қазақстан Республикасының әуе кеңістігін пайдалану және авиация қызметі туралы Қазақстан Республикасының заңнамасында белгіленген талаптардың сақталуын техникалық бақылау мен қадағалауды (бұдан әрі – бақылау мен қадағалау) жүзеге асырады.

Жоспардан тыс тексеруді Қазақстан Республикасының әуе кеңістігін пайдалану және авиация қызметі туралы Қазақстан Республикасы заңнамасының талаптарына және (немесе) Халықаралық азаматтық авиация ұйымының (ИКАО) стандарттарына сәйкестігіне азаматтық және (немесе) эксперименттік авиация саласында қызметін жүзеге асыратын жеке немесе заңды тұлғаға, әуе кемелеріне және (немесе) олардың компоненттеріне, әуе кемелерінің ұшуын қамтамасыз ететін жабдыққа қатысты азаматтық авиация саласындағы уәкілетті ұйым тағайындайды.

2. Инфрақұрылым қабаттарындағы әуежай.

Қызметтердің әр санатын ұсыну белгілі бір ресурстарды қажет етеді және сыйымдылығы. Қолданыстағы әлеуетті іске асыру үшін қажет барлық нысандардың үйлесімді жұмысы және функционалдық бірліктер, инфрақұрылымға енгізілген әуежай. Алайда назар аударыңыз тек қызмет категориялары бойынша - мәселеге біржақты көзқарас [7].

Идея алу үшін ресурстарға қажеттілік ауқымында біз қысқаша сипаттаманы береміз, бірінші кезекте:

1-кесте. **Әуежай инфрақұрылымының деңгейі**

	Деңгейі	Қызмет көрсету нысаны		
		Авиакомпания	Жолаушы	Тасымалдаушы
1	Материалдық-техникалық	Автотұрақты қоса алғанда жөндеу-техникалық базасын ұйымдастыру әуе кемелері, қоймалар, байланыс және жөндеу шеберхана.	Тіркеу есептегіштерін, өткізу пункттерін, ақпараттық стендтерді, тамақтану және ойын-сауық пункттері орталықтары.	Қойманы ұйымдастыру үй-жайлар, қамтамасыз ету жүк көтергіш жабдықтар мен есепке алу жүйелерінің жұмыс қабілеттілігі
2	Қызмет көрсету	Ұшу алдындағы қызмет көрсету әуе кемесі мен аэродромды алдағы ұшуға дайындау	Тіркеу, тексеру, ұйымдастыру үшін жолаушыларға қызмет көрсету бос уақыт және басқа да іс-шаралар	Тапсырыстарды тиеу / түсіру, сүйемелдеу жүк, қағазбастылық
Пост-қызмет		Ақпаратты (диспетчерлік) және техникалық (жарықтандыру) ұсыну әуе кемесінің қонуы / қонуы		

Біз инфрақұрылым қабаттарын индуктивті түрде қарастырамыз, ішкі қатынастар мен заңдылықтарды бақылауға мүмкіндік береді, (1-кесте) бизнес құрылымындағы әуежай [8].

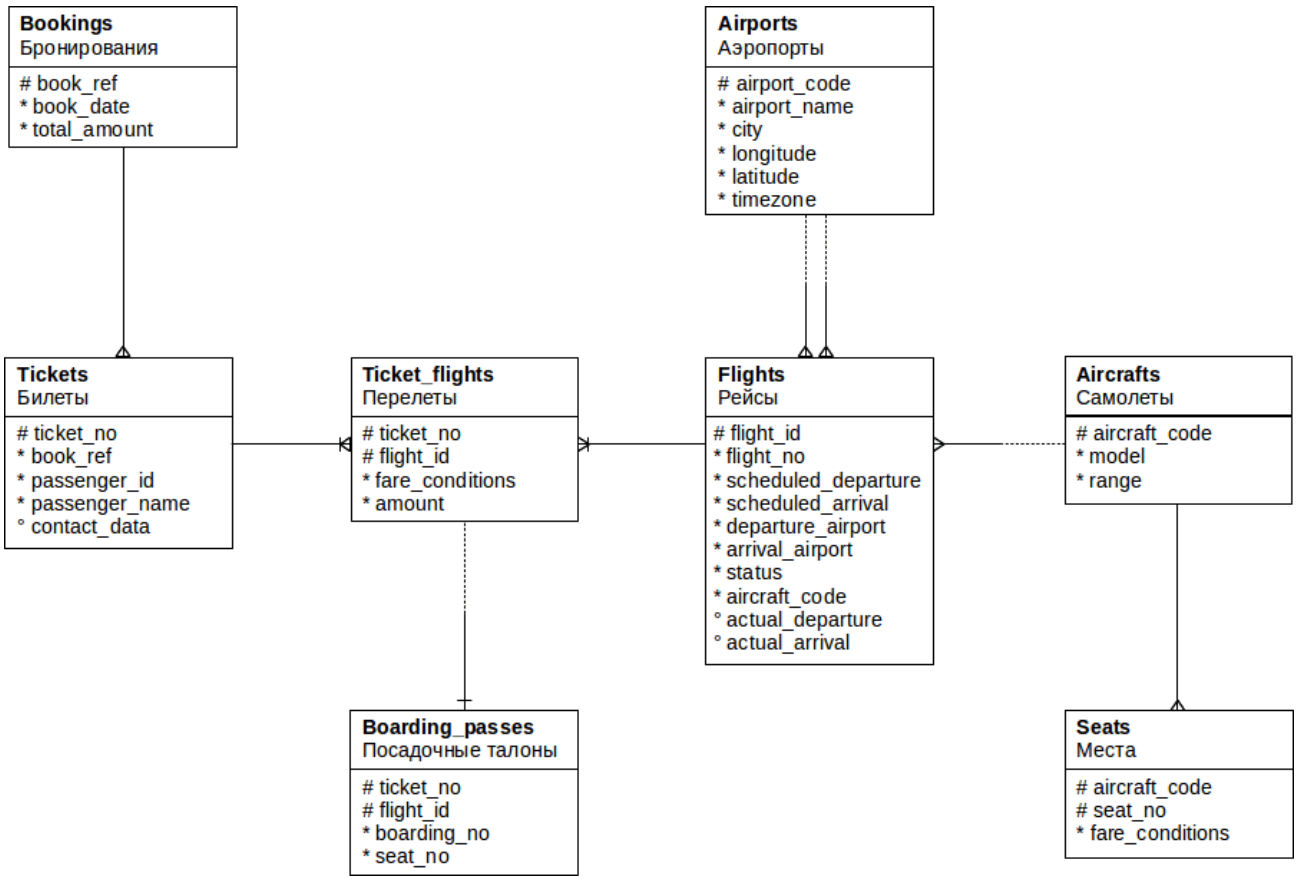
Әуежайлар мен авиакомпанияларды жеке кәсіпорындар мен кәсіпорындарға бөлу, әуежай және көп әуежай компанияларының қалыптасуы, қалыптасу процесі. Әуежайды иемдену және реттеу

процестері - тілек туралы айтады мемлекеттік органдар тиімді бәсекеге қабілеттілікті қалыптастыру осы күрделі монополиялық нарықты басқару тетігі [9].

Әуежайдың мүмкіндігі бар уақытқа байланысты қолда бар қуаттылықты тиімдірек таратыңыз күндер мен шыңдар.Осындайда экономиканың өсуі жағдайындағы жағдай қажет болуы мүмкін оны көбейтетін фирмалардың артықшылықтарын шектейтін реттеу нарықтық билік. Нарықтық күштің жоғарылауы артық бағаға әкеледі және ресурстарды иррационалды емес (оңтайлы емес) бөлу [10].

Деректер схемасы

Бір брондау кезінде бірнеше жолаушы қосыла алады, олардың әрқайсысына жеке билет (билеттер) беріледі. Сонымен, жолаушы жеке тұлға емес: қарапайымдылық үшін барлық жолаушылар ерекше деп болжауға болады [11].



2-сурет. Мәліметтер схемасы суретте көрсетілген

Мұндағы басты мәні - брондау.

Билетке бір немесе бірнеше рейстер кіреді (билеттердің бағдары). Билетке бірнеше рейстер енгізілуі мүмкін:

1.Ұшу және бару пункттерін байланыстыратын тікелей рейс жоқ (трансфермен ұшу);

2.Бару билеті алынды.

4.Әуе көлігі саласындағы институционалды қайта құру:

Қосымша бағалаушылық дегеніміз n фирмалар шығаратын жағдай деп түсініледі жалпы шығыс Q. Онда олардың барлық шығарылған өнімнің жалпы шығындары әрқашан болады барлық Q өнімін шығаратын бір фирманың шығынынан жоғары болады. ішкі факторлар технологиялық факторлардың әсерінен де, ұйымдастырушылық себептері [12].

Шығындардың бағаланбауы жағдайында бір фирманың қызметі тиімдірек. Зерттеуші Баумол В. сипаттайтын, шығындардың ғаламдық бағаланбауы тұжырымдамасын қолданды бір өнімнен және көп өнімнен тұратын компанияның жағдайы [13].

Әуежай қызметтердің бірқатарын ұсынады және сәйкесінше көп өнім болып табылады компаниясы. Әуежай құны функциясының бағалануы келесідей болады келесідей:

$$TC_{(}q1,\ldots qm) \leq TC\ (m_{(}q),$$

$TC_{(}q1,\ldots qm)$ - қызметтер кешенінің өндірістік шығындары;

$TC\ (m_{(}q)$, - шығындар әр қызметті бөлек шығару.

Әуежайлар үшін ұшу-қону жолағын тікелей пайдалану және әуе қозғалысын қолдау табиғи монополия компоненті, авиациялық емес қызметтердің барлығы бәсекеге қабілетті. [14].

Алайда жоғары деңгейдегі аумақта бірнеше бәсекелес әуежайлар құру сұраныс бәсекелестік қатынастардың дамуына кепілдік бермейді, мысалы, таңдалғанына байланысты мамандандыру. Бұл тәсілдің мәні неғұрлым жоғары болса пайдаланылатын активтердің ерекшелігі деңгейі, соғұрлым ынталандыру фирмалары көбірек болады бір ұйым ішінде транзакцияларды ұйымдастырады [15].

5. Қорытынды.

Әлемнің көптеген елдерінде әуежайлар табиғи монополиялар секторына жататын инфрақұрылым объектілері болып табылады, олардың кірістілігі неғұрлым тәуелді мемлекеттік органдар белгілейтін немесе бекіткен тарифтер деңгейінде. Алайда жолаушыларды аймақтық бағыттардан магистральдық немесе халықаралық бағыттарға тасымалдайтын ірі әуежайлар болуы мүмкін қызметтердің кең спектрін ұсынумен байланысты тиімді қызмет ең алдымен тамақтану Алайда, инфрақұрылымдық әуежайларды азық-түлікпен қамтамасыз етуде айтарлықтай шектеулер бар, бұл қажет оны ұсыну үшін үлгіні таңдағанда, сондай-ақ болашақта жобалау кезінде ескеру қажет жаңа терминалдар салу.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Орлова Т.С., Ярошевич Н.Ю. Инфрақұрылымдық салалардың даму тенденциялары: (әлемдік әуежай индустриясының мысалында) // Менеджер– 2013. – № 1 (41). – С. 34–44.

[2] Баумол В.Ж., Панзар Ж.С., Қажет Р.Д. Бәсекеге қабілетті нарықтық және салалық құрылым теориясы. - Нью-Йорк, 1982. - С. 169-303. 3. Кауз Р. Фирманың табиғаты // Экономика, жаңа сериялар. - 1937. - Т. 4. - С. 386-405.

[3] Смирнов О.А.Әуе тасымалын ұйымдастыруда хаб моделін қолдану: қолдану мүмкіндіктері мен шектеулері // Экономика: кеше, бүгін, ертең. 2012. № 5-6. С. 66-71.

[4] Смирнов О. Ә. Әуе тасымалдауларын ұйымдастырудың хаб моделі: Ресей Федерациясында қолдану мүмкіндіктері мен шектеулері // Ғылыми шолу. 2013. № 1. S. 254-256.

[5] Аппольд С.Ж., Касарда Ж.Д. АҚШ әуежайларындағы бөлшек сауда қызметінің тиісті ауқымы // Әуе көлігін басқару журналы. 2006. том. 12. Жоқ.Шереметьево әуежайына салынған инвестициялар [Ақпараттық ресурс]. URL: http://www.aviaport.ru/digest / 2012/08/29 / 239670.html (қол қою күні: 25.10.2013)

[6] Тауартану ғылымының пәні [Ақпараттық ресурс]. URL: http: // www.znaytovar.ru/new799.html (қол қою күні: 25.10.2013 ж.)

[7] Экономикалық теория / ред. А.И. Добрынина, Л.С. Тарасевич. 4-ші басылым. - SPb .: Петр - 2009. - 77-87, 191-199 бет.

[8] Саат.Т.Л Кезек теориясының элементтері және оны қолдану. М. Либроком. 2010. -520 с.

[9] Кендалл Д. Кезектер теориясында кездесетін стохастикалық процестер және оларды Марков тізбегі әдісімен талдау // Математика (И.Л.). М .: Мир.

[10]1959. № 6. С. 97 - 111.

[11]Булыгина О.В., Емельянов А.А. Холдингті басқарудағы ақпараттық жүйелердің синергиясы және эволюциясы // Қолданбалы информатика. 2016. 11-том. № 2 (62). С. 85 - 98.

[12] Романенко В. А. Халықаралық әуежайда жолаушыларға қызмет көрсету процестерін Академик С.П. Королев (ұлттық зерттеу Университет). 2006. № 3 (11).С.35 - 43.

[13] 12. Крыжановский Г.А., Палагин Ю. И. интермодальдық көлік желісіндегі жолаушылар ағынының сипаттамасын анықтауға арналған модель // Көлік: ғылым, технология, менеджмент. 1998. № 6. С. 23 - 27.13. Рябко с. д. жеке деректерді иесіздендіру туралы / / ақпараттық қауіпсіздік. – 2009. – № 5. – www.itsec.ru/articles2/bypub/insec 5–2009.

[14]Романенко В. А. Статистикалық модельдеу мемлекеттік аэрофарыштық университетінің хабаршысы Академик С.П.Королев (ұлттық Зерттеу). 2009. № 2 (18). С. 150 - 162.

[15]Палагин Ю. И., Мочалов А.И., Тимонин А.В. Үш модальды көліктік-терминалдық желілердің сипаттамаларын математикалық модельдеужәне есептеу // Қолданбалы информатика. 2013. 8-том.

[16]№ 2 (44). С. 32 - 41.

[17]Яркова О.Н., Реннер А.Г., Буреш А.И. Статистика және динамика бойынша сақтандыру компаниясының инвестициялық портфелін модельдеу: монография / под. ред, 2014. - 207 б.

Сандибек Д.

Разработка моделей и метода проектирования интеллектуальной системы агентства аэропорта

Ключевые слова: инфраструктура, аэропорты. сборы аэропортов, предприятия аэропортов, воздушный транспорт

УДК 625.21

N. G. Eskozhanova, M. M. Nurzhaubaev, A. A. Tilemisova, A. K. Nuralina

(Kazakh M.Tynyshpaev Academy of transport and communications , Almaty, Republic of Kazakhstan, eskozhanova_nazg@maik/ru)

CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS

Annotation: One of the characteristic features of the transport and logistics industry is its susceptibility to rapid changes. In particular, globalization processes have a strong impact on transport logistics. We will look at global trends that affect the development of logistics, which will be of interest to various players in the logistics market. Taking them into account, companies in the transport and logistics industry can adjust their development strategy.

Keywords: transport logistics, technologies, software product.

Н.Г. Ескожанова, М.М. Нуржаубаев, А.А. Тилемисова, А.К. Нуралина
(Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева,
Алматы, Республика КазахстаН, eskozhanova_nazg@maik/ru)

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ

Аннотация. Одной из характерных особенностей транспортно-логистической отрасли является подверженность быстрым изменениям. В том числе сильное влияние на транспортную логистику оказывают процессы глобализации. Мы рассмотрим глобальные тенденции, влияющие на развитие логистики, которые будут интересны различным игрокам логистического рынка. Принимая их в учет, предприятия транспортно-логистической отрасли могут корректировать стратегию своего развития.

Ключевые слова: транспортная логистика, технологий, программный продукт.

Введение. В современном мире невозможно быть успешным и, главное, сохранить успех и конкурентоспособность без учета глобальных мировых тенденций. Это касается в числе прочего и логистической отрасли. Понимание того, куда движется мир, открывает возможности для собственного роста и развития.

На сегодняшний день можно выделить 7 основных логистических трендов:

1. Производство становится ближе к конечному пользователю

В последнее время наметилась тенденция переноса производственных мощностей в страны, которые расположены географически ближе к стране заказчика. К примеру, все чаще мы можем наблюдать перенос производства из Китая в страны Восточной Европы. Это обусловлено ростом стоимости рабочей силы и транспортных расходов в самой Азии, а также удешевлением рабочей силы в ряде стран Восточной Европы. Перенос мощностей позволяет сократить затраты не только на производство продукции, но и на саму логистику.

2. Недостаточная загруженность морских судов в сегменте контейнерных перевозок

Еще одной тенденцией стала переориентация затрат со стороны судоходных компаний. Большинство судоходных компаний с целью сокращения общих расходов предпочитают вкладывать

бюджеты в приобретение больших грузовых судов. Очевидно, что чем больше судно, тем ниже стоимость перевозки одного контейнера, однако порой это ведет к ситуации неполной загрузки судна и к финансовым потерям. Экономия средств при использовании больших судов возможна лишь при балансе между спросом и предложением.

3. Непрерывные инвестиции в сферу ИТ для логистики

На сегодняшний день логистические процессы усложняются, а сама отрасль приобретает все больше динамики. Полный контроль над цепью поставок способны обеспечить только надежные ИТ-технологии, «заточенные» под потребности отрасли. В силу этих причин транспортные компании и грузовладельцы вынуждены внедрять инструменты, которые способны обеспечить наглядность, прозрачность и учет операций.

4. «Зеленые» технологии и соответствие стандартам

В современном обществе наблюдается устойчивый тренд по защите окружающей среды. В транспортной отрасли все больше внимания уделяется экологическим нормам, а также стандартам корпоративной социальной ответственности. Участники логистической цепи стараются сотрудничать с поставщиками, которые предлагают не только надежные, но и безопасные с точки зрения экологии решения.

5. Крупные поглощения в отрасли мировой логистики

В последнее время можно было заметить ряд крупных слияний в транспортно-логистической отрасли, что сказывается на характере мировой логистики в целом. Больших оборотов этот тренд набрал в Азии и Северной Америки.

6. Рост электронной коммерции оказывает влияние на цепь поставок

Все больше потребителей совершают покупки в Интернете, проходя мимо розничных торговых сетей. Поскольку электронная коммерция находится на пике подъема, возрастает роль сервисов доставки посылок конечному потребителю. Это абсолютно новый тип логистической цепи, поэтому транспортным компаниям придется оптимизировать свою логистику в соответствии с потребностями современного рынка.

7. Экономический рост новых регионов

Материалы и методы исследования. В последние годы Китай демонстрировал ошеломляющие темпы экономического роста и служил двигателем мировой торговли. В настоящее время активно развивается еще ряд регионов.Ожидается, что Африка станет следующим большим торговым центром, что бросает новый вызов транспортной отрасли. Неразвитость инфраструктуры и транспортных коммуникаций, плохое состояние дорог – со всеми этими проблемами придется столкнуться транспортникам в скором времени.

Если обобщать, то рынок программного обеспечения идет вслед за реальным сектором экономики. Растет экономика – растет и рынок программного обеспечения, меняется экономическая ситуация – меняются и требования к ПО. Если оглянуться назад не в 90-ые а в 2000-ые, то можно заметить несколько закономерностей. В принципе они касаются всего рынка программного обеспечения, но в данной статье мы коснемся только программного обеспечения для транспортно-логистических компаний.

Если мы ставим цель не только автоматизировать документооборот и учет по факту - а действительно хотим снижать издержки, повышать рентабельность компании, даже при неизменных объемах услуг, то нам нужен инструмент (программный продукт) который позволяет влиять на процессы компании до того как они произошли т.е. позволять планировать эти процессы, на основании запланированных процессов прогнозировать узкие места, которые появляются в результате планирования вносить изменения в планы что бы этих узких мест избежать, отслеживать отклонения фактических показателей процессов (как финансовых так и временных) от планируемых и вновь по кругу. Необходима гибкая, адаптируемая система, которую можно заточить под бизнес-процессы компании с учетом всей специфики. В связи с большим объемом обрабатываемых данных, основной фокус на быстрой и качественной обработке входящего документооборота, информативности сопровождения статуса заказа - от оформления заявки до конечного расчета с контрагентами (со всеми промежуточными этапами и адекватным отражениям возможных проблемных моментов). Приоритетными являются: простота, удобство и быстрота обработки заказов, формирования заявок, реестров, отчетов. Обязательна интеграция с 1С Предприятие 7.0 и возможность выгрузки данных в MS Excel.

ROAD – это инновационный программный продукт, который объединит на своей платформе в режиме реального времени грузоотправителей, грузополучателей, логистических операторов,

транспортные компании и водителей. Для каждого будут свои бенефиты при ежедневной операционной работе.

В отличие от других логистических решений, представленных на рынке, ROAD предлагает расширенные возможности в рамках одной системы. Новая разработка компании обеспечит самостоятельный контроль через сеть Интернет за процессом поставки.

Выводы.

Решение позволит передавать заявки своим партнерам одним кликом и в режиме реального времени получать актуальную и точную информацию о местоположении, истории передвижения, маршруте автомобиля, предоставит данные обо всех остановках и задержках транспорта в пути, оповестит о повреждении груза, а также откроет доступ к развернутой статистике. В системе также предусмотрена опция коммуникации в чате с водителем и транспортной компанией онлайн, что делает процесс доставки еще более удобным и прозрачным.

Отдельно отметим еще одно преимущество системы – это возможность поиска транспортных партнеров и заказчиков посредством использования обширной, обновляемой в режиме реального времени, базы грузов и автотранспорта с рейтингом каждого участника. Традиционно к затратам на транспортную логистику относят расходы на перевозку товара от поставщика до получателя.

Очевидно, что автоматизация экономит время и освобождает бизнес от трудностей ручного управления. С помощью автоматизации легче осуществлять планирование, контроль и анализ деятельность, а также координировать и регулировать работу отделов, чтобы добиться максимальной эффективности. Благодаря автоматизации можно оперативно узнать о том, на какой стадии находится тот или иной проект и многое другое.

Система объединяет на своей платформе грузовладельцев, ТЭК и транспортные компании, оптимизируя их взаимодействие и предоставляя свои бенефиты каждому из участников цепи поставки.

Облачный сервис представляет собой не только решение, которое автоматизирует деятельность транспортных отделов предприятий, но и предоставляет необходимый функционал для обмена информацией и распределения рейсов среди перевозчиков, управления их рейтингом, а также для закупки транспортных услуг. Иными словами, это еще и электронная тендерная площадка, которая объединяет в режиме реального времени грузовладельцев и транспортные компании.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Волгин, В. В. Логистика приемки и отгрузки товаров: практическое пособие / В. В. Волгин. – Москва: Дашков и Кº, 2009. – 457 с.

[2] КопыловаО.А, Рахмангулов А.Н.Размещение региональных логистических центров:монография/ О.А.Копылова, А.Н. РахмангуловМагнитогорск.гос.техн.ун-та им.Г.И.Носова ,2015.172.

[3]Гаджинский, А. М. Логистика: учебник для высших учебных заведений по направлению подготовки “Экономика” / А. М. Гаджинский. – Москва: Дашков и Кº, 2011. – 481 с.

[4] Голубчик, А. М. Транспортно-экспедиторский бизнес: создание, становление, управление / А. М. Голубчик. – Москва: ТрансЛит, 2011. – 317 с.

[5] Иванов, Д. А. Управление цепями поставок / Д. А. Иванов. – Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. – 659 с.

[6] Интегрированные логистические системы доставки ресурсов: (теория, методология, организация) / И. А. Еловой, И. А. Лебедева. – Минск: Право и экономика, 2011. – 460 с.

[7] Курганов, В. М. Логистика. Транспорт и склад в цепи поставок товаров: учебно-практическое пособие: для студентов высших учебных заведений / В. М. Курганов. – Москва: Книжный мир, 2009. – 512 с.

[8] Курочкин, Д. В. Логистика: курс лекций / Д. В. Курочкин. – Минск: ФУАинформ, 2012. – 268 с.

[9] Логистика: учебное пособие для студентов специальностей “Коммерческая деятельность”, “Маркетинг” учреждений, обеспечивающих получение высшего образования / И. М. Баско и др. – Минск: Белорусский государственный экономический университет, 2007. – 431 с.

Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Нуралина А.К.

Современные тенденции развития транспортной логистики

Түйіндеме. Автоматтандыру мен көліктік логистиканы іске асырудың көмегімен жоспарлау, бақылау және талдау жұмыстары жүзеге асырылады, сонымен қатар максималды тиімділікке жету үшін бөлімдердің жұмысын үйлестіреді және реттейді.

Түйінді сөздер: көлік логистикасы, технологиялар, жобалық өнім.

УДК 625.21

Eskozhanova N. G., Nurzhaubaev M. M., Tilemisova A. A., Saukenova I. K.
(Kazakh M. TynyshpaevAcademy of transport and communications, Almaty, Republic of Kazakhstan, eskozhanova_nazg@maik/ru)

LOGISTICS OF TRANSPORT ROUTES UNDER MODERN CONDITIONS

Annotation: The issues of determining cargo transportation routes in the logistics system are considered, the shortcomings of the existing approach to dividing the routes of vehicles are identified, and a new approach to route classification is proposed. Distribution of logistics principles among market participants contributes to the formation of logistics systems. The formation of logistics systems, in turn, creates a number of problems related to the joint organization of enterprises. In particular, there is a problem of organizing transport operations for servicing logistics systems. Therefore one of the tasks of logistics is to develop optimal routes for vehicles.

Keywords: Route, movement, cargo flows, optimal, tasks, transport.

Н.Г. Ескожанова, М.М Нуржаубаев., А.А. Тилемисова, И.К. Саукенова
(Казахская академия транспорта и коммуникаций им.М.Тынышпаева, Алматы, Республика КазахстаН, eskozhanova_nazg@maik/ru)

ЛОГИСТИКА МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК ПРИ СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация. Рассматриваются вопросы определения маршрутов перевозок грузов в логистической системе, определены недостатки существующего подхода к разделению маршрутов автотранспортных средств, предложен новый подход к классификации маршрутов. Распространение принципов логистики среди участников рынка способствует образованию логистических систем. Образование логистических систем, в свою очередь, создает ряд проблем, касающихся совместной организации работы предприятий. В частности, возникает проблема организации работы транспорта по обслуживанию логистических систем. Поэтому одной из задач логистики является разработка оптимальных маршрутов движения транспортных средств

Ключевые слова: Маршрут, перемещение, грузопотоки, оптимальные, задачи, транспорт.

Введение. В логистике разработка маршрутов перевозки грузов является одним из важнейших задач, так как правильное составление маршрута способствует быстрой доставки с минимальным риском повреждения груза. В этой задаче ключевую роль выполняет транспорт, связывая между собой отдельные экономические районы, компании, предприятия и фирмы. Перемещая материальные ресурсы и готовую продукцию из сферы производства в сферу производственного или личного потребления, транспорт участвует в процессе воспроизводства материальных благ.

Актуальность темы объясняется множеством факторов, влияющих на скорость и качество перевозки.

Разработка маршрута перевозки груза – это сложный процесс, в ходе которого необходимо принимать во внимание такие параметры:

-пути движения транспорта должны проходить по направлениям общих грузовых потоков;

-повторные и встречные перевозки должны быть сведены к минимуму;

-каждая следующая перевозка в идеале происходит без предварительной подготовки транспорта.

-маршрут прокладывается исходя из наименьшего расстояния, выбирают наименее загруженные дороги, имеющие твердое покрытие;

-подвижный состав должен двигаться со скоростью, которая не подвергает безопасность движения угрозе, но при этом находится на максимальном уровне;

-стоимость грузоперевозок должна быть наименьшей, а производительность – наибольшей.

Материалы и методы исследования. Выделяют следующие виды маршрутов перевозки грузов: кольцевые; маятниковые; развозочные; сборные; развозочно-сборные. Критерии, которые используются для определения эффективности, зависят от разновидности. Так, эффективность маршрутов маятникового и кольцевого типа определяется по величине пробега. Чем он больше, тем экономичнее проводятся грузоперевозки. Поэтому расчет маршрута перевозок грузов идет с учетом данных показателей.

Маятниковый маршрут представляет собой такое движение, при которой автомобили передвигаются между двумя пунктами несколько раз в прямом и обратном направлениях. При этом пробег обратно может быть груженым, не груженым или груженым не полностью.

При кольцевом маршруте транспорт передвигается по замкнутому пути, который соединяет несколько погрузочных и разгрузочных пунктов. Кольцевые маршруты бывают двух типов:

- за один оборот автомобиль проезжает по маршруту несколько раз;
- за один оборот автомобиль преодолевает маршрут лишь однажды.

В последнем случае маршрут может быть сборным, развозочным или смешанным. Для определения эффективности в этом случае используется коэффициент на наиболее загруженном участке пути.

Большую роль в управлении материальными потоками в логистике играет маршрутизация транспортных средств. Определение рациональных маршрутов движения транспортных средств позволяет решить три важнейшие задачи:

1. Оптимизировать грузопотоки в логистических каналах и цепях.
2. Обеспечить максимальную производительность подвижного состава.
3. Обеспечить минимизацию себестоимости транспортировки грузов.

Особенно актуальной проблема маршрутизации является в автомобильном транспорте. Это объясняется тем, что автомобильный транспорт наиболее мобильный и гибкий по транспортным характеристикам. Именно на него приходится около 70% всех транспортных связей между предприятиями. Быстро и эффективно задачи выбора способов маршрутизации в логистике можно решить лишь с помощью математических методов и ЭВМ. Попутно отметим, что это касается не только данного типа задач. Например, по отношению к автомобильному транспорту методом линейного программирования можно:

1. Отыскивать оптимальное количество ездок автомобилей на маршрутах при установленном времени пребывания в наряде (задачи на минимизацию потерь рабочего времени).
2. Определять оптимальные варианты продвижения однородных грузопотоков от источников их генерации до пунктов назначения (задачи на минимизацию транспортных затрат).
3. Разрабатывать оптимальные стратегии по ориентации перевозчиков на определенную группу клиентов (на выделенный сегмент рынка логистических услуг). В этом поможет решение задач по минимизации нулевых пробегов.
4. Составлять рациональные маршруты работы подвижного состава с позиций увязки намечаемых ездок (задачи по минимизации холостых пробегов).
5. Выделять рациональные “развозочные” и “сборочные” маршруты (задачи на определение минимальных пробегов при объезде обусловленных грузопунктов).
6. Эффективно распределять транспортные и погрузочно-разгрузочные средства по маршрутам логистических цепей (задачи на максимальное использование рабочего времени автомобилей и рабочего времени погрузочно-разгрузочных механизмов и др.).

Вывод.

В развитии методов маршрутизации заинтересованы как перевозчики, так и грузовладельцы. Задача рационального выбора маршрута международной перевозки грузов включает, в том числе и результаты поиска наиболее приемлемых условий использования международных коридоров и магистралей с учётом привлечения различных видов транспортных средств. При решении подобной многокритериальной задачи необходим учёт не только основных, но и дополнительных факторов, определяющих эффективность выбора маршрута. Одним из шагов в разработанном алгоритме выбора маршрута для международной перевозки является обоснование критерия оптимальности в соответствии с поставленной задачей. Выбор маршрута при международных поставках усложняется большими расстояниями перевозок, срочностью поставок, синхронизированных с производственным циклом предприятия заказчика. Выбор маршрута по отдельному критерию оптимальности не даёт полной информации для принятия управленческого решения при построении схемы международных поставок. Это обусловлено различными ограничениями и особенностями взаимодействия с различными странами при обосновании схемы международной перевозки грузов. Более корректные результаты для рационального выбора маршрута международной перевозки, возможно, получить при применении методов маршрутизации совместно с рядом дополнительных критериев, а также обязательным синхронизированным документарным и правовым обеспечением. Следует также

поддерживать необходимое и достаточное информационное обеспечение. Отсутствие подобной поддержки отрицательно сказывается, как на перевозчиках, так и на предприятиях, заинтересованных в международных подставках. Поэтому рекомендуется организовывать контурно интегрированные управление логистическими процессами международных перевозок грузов промышленных предприятий, что в итоге повышает их результативность.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Носов А. Л. Логистика: Учебное пособие/. Носов А. Л. Издательство «Магистр», т-1, 2018 – 184 с.

[2] Стапран Д. А. Аутсорсинг в логистике. Как максимизировать выгоду и оптимизировать затраты. Монография/ Стапран Д. А. Издательство Вузовский учебник, т-1, 2017 – 114 с.

[3] Логистика. Интегрированная цепь поставок/ Бауэрсокс Доналд Дж. – 2е изд., Издательство «Олимп-Бизнес», 1-т, 2017 – 640 с.

[4] Основы логистики. Логистика и управление цепями поставок. Теория и практика/ Аникин Б. А., Родкина Т. А. издательство «Проспект» т-1, 2017 – 344 с.

[5] Логистика: искусство управления цепочками поставок/ Шехтер Д., Сандер Г., издательство «Pretext», т-1, 2017 – 230 с.

Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Саукенова И.К.

Логистика маршрутов перевозок при современных условиях

Түйіндеме. Тәжірибе көрсеткендей, халықаралық жүк тасымалына барлық қатысушылардың жеткілікті ақпараттық қолдауы мен іс-қимылдарының келісілуінсіз салынған бағыттың тиімділігі айтарлықтай төмендейді. Тәжірибе көрсеткендей, халықаралық жүк тасымалына барлық қатысушылардың жеткілікті ақпараттық қолдауы мен іс-қимылдарының келісілуінсіз салынған бағыттың тиімділігі айтарлықтай төмендейді.

Түйінді сөздер: Бағыт, қозғалыс, жүк ағындары, оңтайлы, міндеттер, көлік.

УДК: 004.032.26

T. Zhabayev, U. Tukeyev

TEXT SIMPLIFICACTION USING SEQUENCE TO SEQUENCE MODELS.

Abstarct. This article describes the method of simplification (simplification) of the text in the Kazakh language using the seq2seq model. When the problem is solved by the seq2seq model, the amount of parallel data corpus in low-resource languages such as Kazakh is a big problem. In the work we used the translated parallel corpus of Simplification of Kazakh sentences from the existing parallel corpus of Simplification of English of a satisfactory volume in the framework of OpenNMT technology. The model was trained on the received translated parallel corpus of the Kazakh language and simplified sentences were received. This result is measured using BLEU and SARI.

Key words: summarization, text simplification, neural machine translation, seq2seq, neural networks.

Т.Р Жабаев, У.А. Тукеев

(Казахский Национальный университет имени аль – Фараби, Алматы, Казахстан Республикасы
talgat14430@gmail.com)

СИМПЛИФИКАЦИЯ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SEQUENCE TO SEUENCE МОДЕЛЕЙ

Аннотация: В статье описан метод упрощения (симплификации) текста на казахском языке с использованием модели seq2seq. Когда задача решается моделью seq2seq, объем параллельного корпуса данных в языках с низким уровнем ресурсов, таких как казахский язык, является большой проблемой. В работе использовался переведенный параллельный корпус симплификации казахских предложений с существующего параллельного корпуса симплификации английского языка удовлетворительного объема в рамках технологии OpenNMT. Была обучена модель по полученному переведенному параллельному корпусу казахского языка и получены упрощенные предложения. Этот результат оценивается с использованием показателей BLEU и SARI.

Ключевые слова: суммаризация, симплификация текста, нейронный машинный перевод, seq2seq, нейронные сети.

Введение

Симплификация текста это область исследования в вычислительной лингвистике, которая изучает методы и техники упрощения текстового контента [1]. Симплификация релевантна суммаризации текста и добыче информации. Симплификация делает текст проще для чтения и

понимания, упрощает автоматическую обработку текста. Это достигается такими операциями как разделение (splitting), сокращение, перефразирование. Разделение переводит сложные непонятные предложения в более простые и короткие. Сокращение (синтаксическая симплификация) - это процесс преобразования предложения в набор более простых предложений. Перефразирование (paraphrasing) это представление значения текста более простыми словами или синонимами. Практическое применение находит в таких задачах как генерация краткого содержания текста, заголовков, упрощение сложных специализированных текстов для понимания не специалистами.

Языки с малым количеством ресурсов это языки, которые имеют небольшое количество параллельных корпусов. Но, для данной задачи симплификации (упрощения) текстов на казахском языке в настоящее время не имеется ни одного симплификационного корпуса. Параллельный корпус для задач симплификации - это корпус, в одной части которого - обычные предложения языка, а в другой части - соответствующие упрощенные предложения языка. В данной работе проблема параллельного корпуса для симплификации казахского языка решается использованием перевода английского корпуса для симплификации. Чем больше корпус, тем качественнее будет результат симплификации при обучении нейросетевой технологии для симплификации. Данная работа основана на подходе симплификации, представленной в статье [2] авторами Nisioi S., Stagner S., Ponzetto S.P.

Обзор литературы.

Рассмотрим работы по симплификации текста. Последние работы фокусируются на использовании нейронных сетей, развитие которых дало толчок машинному переводу. Симплификация может быть двух видов - с учителем и без учителя. С учителем – текст обрабатывается по заранее подготовленным правилам[3]. Без учителя - используется нейронный машинный перевод, основанный на “sequence to sequence” модели[4] и корпусе неразмеченных данных.

Модель “sequence to sequence” представляет собой архитектуру, состоящую из кодера и декодера [5], которые представляют собой рекуррентные или LTSM нейронные сети. Также может присутствовать слой внимания (attention), необходимый для более прямого доступа декодера к данным [6]. Кодер принимает входные последовательности данных, декодер на основе данных кодера генерирует результат.

В работе [7] применяется метод семантической релевантности для улучшения качества исходных данных для симплификации текста. Другим способом является подборка исходных данных по одной тематике[8]. Для суммаризации текста и дальнейшей симплификации возможно использование методов машинного обучения [9], таких как алгоритм кластеризации.

В работе [10] использование парсера, работающего на размеченном корпусе совместно с нейронным машинным обучением позволило авторам улучшить результаты симплификации. Одним из примеров применения машинного перевода для языков с малым количеством ресурсов являются работы [11] и [12] где авторы используют обучение модели на нескольких языках для улучшения качества перевода.

OpenNMT [13] - один из самых популярных инструментов нейронного машинного перевода. Может использоваться не только для перевода, но и для симплификации текста. Для задачи обучения используется корпус, представленный в работе [14]. Это один из наиболее часто используемых корпусов симплификации. В данной работе корпус содержит 5000 слов.

Описание метода. Алгоритм состоит из трёх шагов:

1. Перевод корпуса с английского на казахский язык.
2. Обучение на sequence to sequence нейросетевой модели.
3. Генерация симплифицированных предложений на основе модели.

Корпус может быть переведён веб-сервисами перевода текста или программами для перевода. В данной работе для этой цели был использован Google Translate API. Для автоматизации процесса перевода применялся метод обращения к API с определённой периодичностью, так как имеется ограничение на использование по времени. Текст сохраняется с оригинальным выравниванием.

Переведённый корпус имеет приемлемое качество, но всё равно хуже перевода человеком (носителем языка). Модель обучалась 15 эпох, архитектура включает в себя кодер и декодер на основе RNN и слой внимания. В качестве платформы обучения использовалась система Google Colab. После того как модель будет готова и можно подавать на вход предложения казахского языка и получать упрощённый результат. Для этого необходимо указать системе путь к натренированной модели и файл с предложениями, который необходимо упростить.

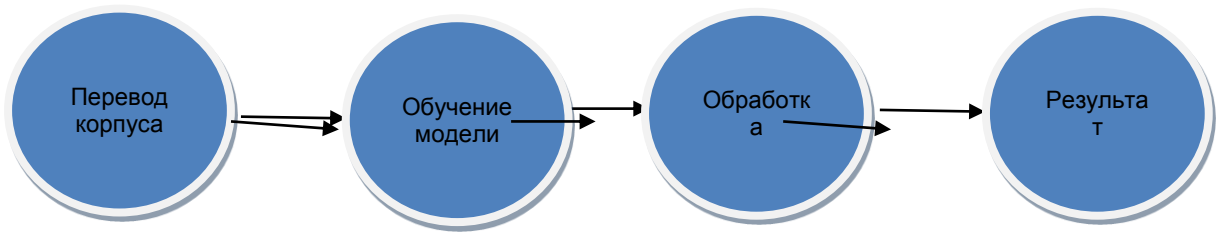


Рис. 1. Алгоритм симплификации с использованием seq2seq и переведённого корпуса

Результаты эксперимента. После обучения seq2seq модели были получены наборы упрощённых предложений. OpenNMT возвращает несколько вариантов симплификации предложений с разным уровнем корректности, но также имеется большое число неправильных упрощений. Предложения после упрощения сохраняют своё исходное значение. Рассмотрим результаты симплификации на примере нескольких предложений (табл. 1):

Таблица 1. **Результаты симплификации**

№ п.	Исходное предложение	Упрощённое предложение
1	Қарулы қақтығыстардың бір жағы негізінен Суданның әскери күштері мен Джанжавидтен тұрады, олар Судандағы солтүстік Ризеигат аймағының Афро-Араб Аббала тайпаларынан жалданған Судандық милиция тобынан тұрады.	Қарулы қақтығыстардың бір жағы негізінен Суданның әскери күштері мен Джанжавидтен тұрады, олар Судандағы солтүстік Ризеигат аймағының Афро-Араб Аббала тайпаларынан тобынан тұрады.
2	Алессандро («Сандро») Маззола (8 қараша 1942 ж.т.) - итальяндық бұрынғы футболшы.	Алессандро («Сандро») Маззола (8 қараша 1942 ж.т.) - итальяндық футболшы.
3	Грэм 1939-1943 жылдары антропология бойынша бакалавр дәрежесін алған кезде Wheaton колледжінде оқыды.	Грэм 1939-1943 колледжінде оқыды.
4	Оның таза түрінде декстрометорфан ақ ұнтақ түрінде болады.	Оның таза түрінде декстрометорфан ақ ұнтақ түрінде кездеседі.
5	Бұл екі атау 2007 жылы Шотландияның Ұлттық музейіне біріктірілген кезде анық бола бастады.	Бұл екі атауды 2007 жылы Шотландияның Ұлттық музейіне біріктірілген кезде анық бола бастады.

В первом предложении отброшена маловажная часть предложения “жалданған Судандық милиция”, которая является описанием объекта “әскери күштері”. Во втором предложении отброшено слово бұрынғы описание объекта. Предложение №3 – осталась только основная информация исходного предложения. Предложение 4 слово болады заменено на кездеседі. Предложение №5 – слово атау заменено на атауды.

Таблица 2. **Результаты оценки**

Метрика	Значение	Проверочный блок предложений
SARI	39.73	results_0
SARI	39.73	results_h1
SARI	39.48	results_h4
SARI	39.07	results_h2
SARI	38.91	results_h3
BLEU	0.01	results_h4
BLEU	0.01	results_h2
BLEU	0.01	results_0
BLEU	0.01	results_h1
BLEU	0.01	results_h3

Качество симплификации оценивается метриками BLEU [15] и SARI. В (табл. 2) приведены результаты оценки качества модели на тестовом корпусе, которые генерируются OpenNMT после оценки на тестовых данных. Создаётся несколько вариантов симплификации, которые разделяются по отдельным файлам. Одним из вариантов дальнейшего улучшения является использование метода обратного перевода [16]. В данном случае это использование результатов симплификации для дополнительного обучения модели.

Заключение.

В работе был предложен метод симплификации на основе sequence to sequence модели. Переведённый корпус показал невысокие результаты эффективности, что объясняется, прежде всего, небольшим размером корпуса. Качество перевода с казахского языка частично компенсируется объёмом текста. По результатам работы сделан вывод, что в задачах симплификации эффективно использование sequence to sequence модели, при условии наличия корпуса на казахском языке, с большим количеством уникальных слов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Saggion H. Automatic Text Simplification. – Morgan & Claypool Publishers, 2017. — P.2.

[2] Nisioi S., Stagner S., Ponzetto S.P. Exploring Neural Text Simplification Models. // ACL 2017 - 55th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics, Proceedings of the Conference (Long Papers) — Vancouver, 2017. – V. 2. — P. 85-91.

[3] NickLaus C., Bermeitinger B. A Sentence Simplification system for Improving Relation Extraction // COLING. 2016 - 26th International Conference on Computational Linguistics, Proceedings of COLING 2016: System Demonstrations — Osaka, 2016. — P. 170-174.

[4] Cho K., Van Merrienboer B.. Gulcehre C., Bahdanau D., Bougares F., Schwenk H., Bengio Y. Learning Phrase Representations using RNN Encoder-Decoder for Statistical Machine Translation. // EMNLP 2014 - 2014 Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing, Proceedings of the Conference. — 2014, Doha. — P. 1724-1734.

[5] Sutskever I.,Vinuals O., Q.V. Le. Sequence to Sequence Learning with Neural Networks. // Advances in Neural Information Processing Systems. — 2014. — P. 3104-3112.

[6] Bahdanau D., Kyunghyun C., Bengio Y. Neural Machine Translation by jointly learning to align and translate. // 3rd International Conference on Learning Representations, ICLR 2015. — San Diego, 2015.

[7] Shuming M., Sun X. A Semantic Relevance Based Neural Network For Text Summarization and Text Simplification [Электрон.ресурс]. – 2017. — URL: https://arxiv.org/pdf/1710.02318v1.pdf (Дата обращения к сайту 25.05.2020).

[8] Aprosio A.P., Tonelli S., Turchi M. Neural Text Simplification in Low-Resource Conditions Using weak Supervision. // Proceedings of the Workshop on Methods for Optimizing and Evaluating Neural Language Generation. - Minneapolis, 2019 — P. 37-44.

[9] Mohd M., Jan R., Shah M. Text document summarization using word embedding [Электрон. ресурс]. – 2020. — URL: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0957417419306761 (дата обращения: 25.05.2019).

[10] Sulem E., Abend O., Rappaport A.: Simple and Effective Text Simplification Using Semantic and Neural Methods // Proceedings of the 56th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics(Volume 1:Long Papers).

[11] Gu J., Hassan H., Devlin J. Universal Neural Machine Translation for Extremely Low Resource Languages. // NAACL HLT 2018 - 2018 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. — V.1 — 2018. — P. 344-354.

[12] Surya S., Mishra A., Laha A., Jain P., Sankaranarayanan K. Unsupervised Neural Text Simplification. // Proceedings of the 57th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics - Florence, 2019. — P. 2058-2068.

[13] Klein G., Kim Y., Deng Y., Nguyen V., Sennelart J., Rush A.M. OpenNMT: Open Source toolkit for neural machine translation. // AMTA 2018 - 13th Conference of the Association for Machine Translation in the Americas, Proceedings - Boston, 2018. — V.1. — P. 177-184.

[14] Hwang W., Hajishirzi H. Aligning sentences from standard wikipedia to simple wikipedia. // NAACL HLT 2015 2015 Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologies. — Denver, 2015. - P. 211-217.

[15] Papineni K., Roukos S., Ward T., Zhu W. Bleu:a Method for Automatic Evaluation of Machine Translation. // Proceedings of the 40th Annual Meeting of the Association for Computational Linguistics. — Philadelphia, 2002. — P.311-318.

[16] Poncelas A., Shterionov D.,Way A. Investigating Backtranslation in Neural Machine Translation. // EAMT 2018 - Proceedings of the 21st Annual Conference of the European Association for Machine Translation — Spain, 2018. — P.249-258.

Жабаев Т.Р., Тукеев У.А.

Мәтінді реттілік модельдеріне тізбектей қолдану арқылы жеңілдету

Түйіндеме. Бұл мақалада seq2seq моделін қолдану арқылы қазақ тіліндегі мәтінді оңайлату (симплификациялау) әдісі сипатталған. Тапсырма seq2seq моделімен шешілгенде, қазақ тілі сияқты ресурстар деңгейі төмен тілдерде, параллель деректер корпусының көлемі үлкен проблема болып табылады. Жұмыста OpenNMT технологиясы шеңберінде қанағаттанарлық көлемдегі қазіргі ағылшын тіліндегі симплификациялардың параллельді корпусынан, қазақ тіліндегі сөйлемдердің симплификацияларына аударылған параллельді корпусы қолданылған. Қазақ тілінің параллельді корпусына аударылған модель оқылып, жеңілдетілген сөйлемдер алынды. Бұл нәтиже BLEU және SARI көрсеткіштерін пайдалану арқылы бағаланады.

Түйінді сөздер: қорытындылау**,** мәтінді жеңілдету, нейрондық машинаны аудару, seq2seq, нейрондық желілер.

УДК 004.021

R.U. Zhaksylyk
(Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan
E-mail: rimazhaksylyk@gmail.com)

METHODS FOR SPEECH EMOTION RECOGNITION USING MACHINE LEARNING

Abstarct. Currently the recognition of human emotions is becoming an important direction in research in various fields of science related to Human-Computer Interaction and information science. Recognition of emotions in human speech is important, as it is the main tool for communicating people. This article provides a brief overview of the current state of research in this area in order to highlight the various techniques used to identify a human emotional States.

Key words: Emotion recognition, speech emotion recognition, hidden Mark model, Gauss mixture model, artificial neural network, dynamic time change.

Р.У. Жақсылық
(Алматы Энергетикалық және Байланыс Университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы
E-mail: rimazhaksylyk@gmail.com)

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СӨЙЛЕУ ЭМОЦИЯЛАРЫН ТАНУ ӘДІСТЕРІ

Түйіндеме. Қазіргі уақытта тұлғаның эмоцияларын тану адам-компьютерлік өзара әрекеттесуімен және ақпараттық ғылымдармен байланысты ғылымның әртүрлі салаларындағы зерттеулерде маңызды бағытқа айналуда. Сөйлеу барысында адамның эмоцияларын тану өте маңызды, өйткені бұл адамдар арасындағы қарым-қатынастың негізгі құралы. Бұл мақалада адамның эмоционалды жағдайларын анықтау үшін қолданылатын түрлі әдістерді бөліп көрсетіледі және осы саладағы зерттеулердің қазіргі жағдайына қысқаша шолу жасалынады.

Тірек сөздер: эмоцияны тану, сөйлеу эмоциясын тану, жасырын Марковтық модель, Гаусс қоспасының моделі, жасанды нейрондық желі, уақыттың динамикалық өзгеруі.

Эмоциялар адам өмірінде маңызды рөл атқаратынын білеміз. Уақыттың әртүрлі сәттерінде адамның бет-әлпеті оның не сезінетінін немесе қандай көңіл-күйде екенін көрсетеді. Адамдар қарым-қатынас кезінде мыңдаған мимикалық әрекеттерді жасай алады, олар күрделілігімен, қарқындылығымен және түрімен ерекшеленеді.

Сөйлеу арқылы эмоцияларды тану - бұл дауыс ырғағы арқылы адамдардың эмоционалдық жағдайын тану. Ғылыми зерттеулер әр адамның эмоциялары дауысқа әсер ететін белгілі бір психологиялық және физиологиялық өзгерістер тудыратынын көрсетті [11]. Жасанды интеллект саласындағы көптеген ғылыми зерттеулер адам дауысының эмоционалдық күшін теңестіруге бағытталған. 1981 жылдан бастап адам дауысындағы эмоцияларды айырудың кейбір алгоритмдері әзірленді. Ең тиімді алгоритмдер әр эмоция үшін белгілі бір үлгідегі дауыстың спектрлік құрамында анықтау үшін жинақтық нейронды желілерді пайдаланады. Осы алгоритмдердің кейбіреулері "эмпатикалық" жолмен адамдармен өзара әрекеттесуі және оларға эмоциялық жағдайлармен корреляцияланатын кері байланыс беруі мүмкін әртүрлі зияткерлік құрылғыларда іске асырылған [12].

Сөйлеу арқылы эмоцияларды тану жүйесін сәтті жүзеге асыру үшін эмоцияларды мұқият анықтап, модельдеуіміз керек. Алайда, эмоцияны анықтау туралы консенсус жоқ және бұл проблема психологияда әлі де ашық. Плутчиктің айтуынша [7], XX ғасырда эмоциялардың тоқсаннан астам анықтамалары ұсынылды. Эмоциялар-бұл жеке тәжірибе, физиологиялық, мінез-құлық және коммуникативті реакциялар сияқты бірнеше компоненттерден тұратын күрделі психологиялық жағдайлар. Осы анықтамаларға сүйене отырып, екі модель сөйлеу эмоциясын тануда кең таралды: дискретті эмоционалды модель және кеңістіктік эмоционалды модель.

Пол Экманның пікірінше, әрбір эмоцияның бет мимикасында да, дауыста да көрінетін сыртқы белгілері бар. Экман дауысты сирек жалған эмоционалдық хабарлар береді деп санайды, ал фигура анық емес хабарламаларды бере алады [2]. Дискретті эмоциялар теориясы Экман мен Остер сипаттаған негізгі эмоциялардың алты санатына негізделген: қайғы, бақыт, қорқыныш, ашу-ыза, жиіркеніш және таңқалу [1]. Басқа эмоциялар негізгілерді біріктіру арқылы алынады.

Сөйлеу эмоциясын тану жүйесі. Сөйлеу – адамдар арасындағы қарым-қатынастың табиғи құралы. Сөйлеуді тану алгоритмін қолдана отырып, сөйлеу сигналдары арқылы адамның эмоционалдық күйін анықтауға болады. Сөйлеуді тану – бұл машинаның сөйлеу үлгілерін тану қабілеті. Сөйлеу эмоцияларын тану жүйелері үшін кіріс сигналдары ретінде мәліметтер базасындағы сөйлеу үлгілері алынады [2,5]. SER жүйесіндегі эмоцияны тану жылдамдығының дәлдігі қолданылатын мәліметтер базасына байланысты. Үлгілермен орындалатын алғашқы операциялардың бірі - артық шудан арылу. Алынған белгілер эмоцияларды анықтайтын және олардың мағынасын көрсететін классификаторға беріледі. Сөйлеу эмоциясын тану жүйесі 1-суретте көрсетілгендей бірнеше қадамнан тұрады.



1-сурет. Сөйлеу эмоциясын тану жүйесі

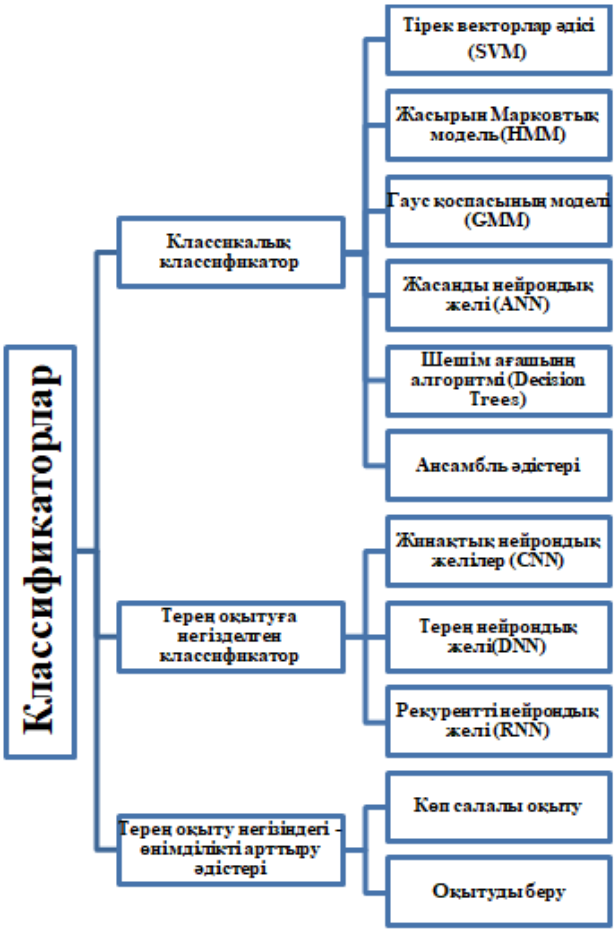
Сигналды алдын ала өңдеу және белгілерін алу. Стандартты деректер базасы қолданылмаған кезде алдын-ала өңдеуді қажет етеді. Алдын-ала өңдеудің мақсаты-сигналдың жоғары жиілігін алу, сигналдардың жалпақ жиілік спектрін және жиілік сипаттамаларын алу. Терезелік Хэмминг функциясы және тікбұрышты терезелерде сөйлеу жақтауларын аламыз. Хэмминг терезесі әр сөйлеу сөзін шеңберге бөлу үшін қолданылады. Классификаторлардың көпшілігіне артықшылық теріс әсер ететіндіктен, белгілердің қорытынды векторының өлшемін азайту үшін белгілерді таңдау алгоритмі қолданылады.

Белгілерді алу – сөйлеу сигналын талдауды қамтиды және эмоцияларды тану жүйесіндегі маңызды қадам. Зерттеушілер эмоцияны алу үшін әртүрлі функцияларды, MF, MFCC, LPC және т.б. қолданады. Әдетте, барлық зерттеушілер бірдей сипаттамаларды пайдаланады, бірақ әр түрлі ұштастырады. Белгілерді алу әдістері уақытша талдау және спектрлік талдау әдістері ретінде жіктеледі. Темпоральды талдауда талдау үшін сөйлеу сигналының формасы қолданылады. Спектрлік талдауда талдау үшін сөйлеу сигналының спектрлік көрінісі қолданылады. Ерекшеліктер спикердің эмоционалды жағдайының негізгі көрсеткіші болып табылады. Мел-кепстралды коэффициенті (MFCC), PLP, Rasta-PLP, дыбыс деңгейі және т.б. белгілерді алу процесін екі кезеңге бөлуге болады: спектрлік белгілерді алу және просодикалық белгілерді алу[8,9].

Эмоцияны тану алгоритмдері. Сөйлеу эмоцияларын жіктеу жүйелері әртүрлі жіктеу алгоритмдерін қолдана отырып оқытылады. Жүйе машиналық оқыту алгоритмдерін және мәліметтер

жиынтығын қолдана отырып оқытылады. Берілген сөйлеу үлгілері бойынша адамның негізгі эмоцияларын тану үшін машиналық оқытудың әртүрлі алгоритмдері қолданылады. Эмоцияны тану жылдамдығы тек аудио үшін 75%, ал бейне үшін 70% екендігі жалпыланды. [5] бірақ егер сөйлеу аудиовизуалды шығарма болса, онда қол жеткізілген тану жылдамдығы 97% құрайды.

Негізгі белгілерді шығарып алғаннан кейін, келесі қадам лайықты тану әдісін таңдау болып табылады. Көп қолданысқа ие танымал классификаторлар: HMM, GMM, ANN, SVM және т.б. классификаторлар бар. Бұл класификаторлардың әрқайсысының басқалармен салыстырғанда өз артықшылықтары мен кемшіліктері бар. Төменде 2-суретте классификаторлардың жалпы түрлері көрсетілген.



2-сурет. Сөйлеу эмоцияларын тану классификаторлары

Жасырын Марковтық модель (HMM)- кеңінен қолданылады, бірақ оны пайдалану үшін үлкен есептеу қуаты қажет [12]. Бұл тәсілде сөйлеу вариациясы автоматты оқыту процедураларын қолдану арқылы статистикалық үлгіленеді. Жалпы мақсаттағы сөйлеуді танудың заманауи жүйелері статистикалық акустикалық және тілдік модельдерге негізделген. Шексіз аймақтағы ASR тиімді акустикалық және тілдік моделі параметрлерді бағалау үшін акустикалық және лингвистикалық деректердің үлкен көлемін талап етеді [6]. Жасырын Марковтық модель - бұл қарапайым желілер, олар әр жағдайға байланысты қысқа мерзімді спектрлерді үлгілеу және әрбір модель үшін жай-күйдің қатарын пайдалана отырып, әдетте көп өлшемді Гаусстық бөлулер қоспасын жасай алады.

Гаусс қоспасының моделі (GMM) - Гаусс компоненті тығыздығының өлшенген сомасы түрінде ұсынылған ықтималдық тығыздығының параметрлік функциясын білдіреді [4]. Гаусс қоспасының моделі әдетте дауысты трактпен байланысты дауыс зорайтқыштарды тану жүйесіндегі спектрлік белгілер сияқты үздіксіз өлшеу ықтималдығын немесе биометриялық жүйедегі белгілерді бөлудің параметрлік моделі ретінде қолданылады. Гаусс қоспасының моделі спектрлік сипаттамалар үшін тиімді жұмыс істейді. GMM-ықтималдық тығыздығы мен кластерлеу функциясының жақсы дамыған әдістердің біріне жатадыы [7].

Уақыттың динамикалық өзгеруі (DTW)- бұл уақыт немесе жылдамдық өзгеруі мүмкін екі тізбектің арасындағы ұқсастықты өлшеу алгоритмі. Жалпы жағдайда бұл әдіс компьютерге белгілі бір шектеулермен берілген екі тізбектің арасында оңтайлы сәйкестікті табуға мүмкіндік береді, яғни бірізділікті бір-біріне сәйкес келтіру үшін сызықсыз "деформациялайды". Бірізділікті туралау әдісі жиі жасырын Марковтық модель контексінде қолданылады. Жалпы жағдайда DTW компьютерге белгілі бір шектеулермен берілген екі тізбектің (мысалы, уақытша қатарлар) арасында оңтайлы сәйкестікті табуға мүмкіндік береді. Бұл әдістеме оқшауланған сөзді тану үшін жеткілікті тиімді және байланысты сөзді тану үшін модификациялануы мүмкін [5].

Жасанды нейронды желі (ANN) - акустикалық модельдеудің басқа тәсілі нейрондық желілерді пайдалану болып табылады. Олар әлдеқайда күрделі тану есептерін шешу үшін өте жақсы, бірақ үлкен сөздіктер келгенде жасырын Марковтық модель сияқты жақсы масштабталмайды. Жалпы мақсаттағы сөйлеуді тану қосымшаларында пайдаланылудың орнына, олар төмен, шулы деректерді және дауыс зорайтқыштардан тәуелсіздікті өңдей алады. Мұндай жүйелер оқу деректері мен шектеулі сөздік қоры болған жағдайда, жасырын Марковтық модельге негізделген жүйелерге қарағанда үлкен дәлдікке жетуі мүмкін. Нейрондық желілерді пайдаланатын жалпы тәсіл фонемаларды тану болып табылады. Бұл зерттеудің ашық аймағы, бірақ нәтижелері GMM-дан жақсы [10].

Сөйлеу эмоцияларын тану - бұл дауыс ырғағы арқылы адамдардың эмоционалдық жағдайын тану. Бұл мақалада сөйлеу эмоциясын тану жүйесі және эмоцияны танудың бірнеше алгоритмдері қарастырылды. Эмоцияны тану жылдамдығы ерекшеленген белгілердің түрлеріне және жіктеу алгоритмін таңдағанға байланысты. Эмоцияларды танудың негізгі мақсаты-адам-машина интерфейсін ыңғайлы ету. Бұл технология басқа да салаларда өзінің қолданысын табуда, мысалы, маркетингте, яғни адамның тауарға деген көз-қарасын, қатынасын анықтауға болады. Сондай-ақ, сөйлеу эмоцияларын табудың автоматты жүйесін өтірікті анықтау детекторларында, ойын-сауық немесе адамның денсаулығының психикалық диагностикасын анықтауда, сондай-ақ Call-орталықтарда қолдануға болады.

ӘДЕБИЕТ

[1] Gaulin, Stevens J.C. and Donald H. McBurney. Evolutionary Psychology. Prentice Hall. 2003. ISBN 978-0-13-111529-3, Chapter 6, pp 121-142.

[2] Casale, S., Russo, A., Scebba, G., & Serrano, S. (2008, August). Speech emotion classification using machine learning algorithms. In Semantic Computing, 2008 IEEE International Conference on , pp. 158-165.

[3] Bishop, Christopher (2006). Pattern recognition and machine learning. New York: Springer. ISBN 978-0-387-31073-2.

[4] Santosh K.Gaikwad, Bharti W.Gawali and Pravin Yannawar, “A Review on Speech Recognition Technique”, International Journal of Computer Applications (0975 – 8887) Volume 10– No.3, November 2010.

[5] Yang, N., Muraleedharan, R., Kohl, J., Demirkol, I., Heinzelman, W. R., &Sturge-Apple, M. (2012, December). Speech-based emotion classification using multiclass SVM with hybrid Kernel and thresholding fusion. In SLT, pp. 455-460.

[6] Ghulam Muhammad, Yousef A. Alotaibi, and Mohammad Nurul Huda , “Automatic Speech Recognition for Bangia Digits”, Proceedings of 2009 12th International Conference on Computer and Information Technology (ICCIT2009) 21-23 December, 2009, Dhaka, Bangladesh, 978-1-4244-6284-1/09/$26.00

[7] Gobl, C. And Chasaide., A.N., 2001.”The role of voice quality in communicating emotions, mood and attitude.” Speech communication, Vol. 40, pp. 189-212.

[8] Томашенко Н.А., Хохлов Ю.Ю., Ларшер Э., Эс-тев Я., Матвеев Ю.Н. Использование в системах автоматического распознавания речи GMM-моделей для адаптации акустических моделей, построенных на основе искусственных нейрон-ных сетей // Научно-технический вестник ин-формационных технологий, механики и оптики.– 2016. –Т. 16– № 6– С. 1063-1072.

[9] Киселев В.В Автоматическое определение эмоций по речи // Образовательные технологии. –2012. – № 3. – С. 85-89

[10] Devillers, L., Vidrascu, L., Lamel, L.: Challenges in real-life emotion annotation and machine learn-ing based detection – 2005– Neural Networks, 18(4), 407–422 pp.

[11] Огнев И.В., Парамонов П.А. Распознавание речи методами скрытых Марковских моделей в ассоциативной осцилляторной среде // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. – 2013. – № 3(27). – С. 115-126.

[12] B. Schuller, A. Batliner, S. Steidl, and D. Seppi, “Recognising realistic emotions and affect in speech: State of the art and lessons learnt from the first challenge,” Speech Communication, vol. 53(9)-2011, pp. 1062–1087.

Жаксылык Р.У.

Методы распознавание речевых эмоций с использованием машинного обучения

Резюме. В настоящее время распознавание человеческих эмоций становится важным направлением в исследованиях в различных областях науки, связанных человеко-компьютерным взаимодействием и с информационными науками. Распознавание эмоций в человеческой речи имеет важное значение, так как это основной инструмент общения людей. В этой статье дается краткий обзор современного состояния исследований в этой области с целью выделения различных методик, используемых для выявления эмоциональных состояний человека.

Ключевые слова: Распознавание эмоций, распознавание речевых эмоций, скрытая Марковая модель, модель смеси Гаусса, искусственная нейронная сеть, динамическое изменение времени.

A.A.Doszhanova. Sh.S Zteleu. Sh.Sh. Zamangaliyeva
1AUES, Almaty city, Kazakhstan
E-mail: a.doszhanova@aues.kz, shyngys.zteleu@tele2.kz, sholpan.zam@gmail.com

MODEL AND ALGORITHM OF INFORMATION SECURITY FOR RECOGNIZING CYBERATTACKS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE

Abstract . We live in a cyber threat revolution. Malware is the most sensitive and the attack methods are the most sophisticated. The transport sector has already become a target for hackers to automate production and introduce electronic control units for cars. Any electronics, even ordinary traffic lights, are susceptible to hacker attacks. Today, the global transport industry is undergoing a digital transformation, and an uneven one. There are older vehicles such as public transport, railways and subways that are used to operate the SCADA system. Also in the next decade, there will be many cars and robots connected to the Internet on the roads.

Control systems, network access points, cloud storage and other elements of the transport information infrastructure are vulnerable to cyber attacks. From March 2018 to May 2019, there were over 44 DoS attacks, malware and transport links. At the same time, the practice of extortion with the threat of dos attacks is very common, and blackmail software is used to a lesser extent.

One of the areas of application of cyber-physical systems is traffic management, which led to the emergence of the concept of vehicles (TS). The use of vehicles for the organization of traffic is an urgent task that is being solved by both large industrial companies and various research groups.

The transport sector commonly uses security techniques such as access control, firewalls, protocol, authentication and cryptography for security. SIEM systems - monitoring and analysis of IT systems and detection of information security conflicts are very popular. The importance of protecting companies' information is also partially confirmed at the state level: 98-FZ "On commercial secrets", 149-FZ "On information, information technology and information protection", 152-FZ "On personal data" and 63-FZ "On electronic signature ". "It should be noted that it is impossible to detect a cyberattack in a timely manner. It would be profitable for any transport company or any other company to spend some money on information security and thus not allow attackers to control corporate data, information theft or financial investments.

Key words: Management information systems (AIS), SCADA system, cyber-physical systems.

А.А. Досжанова, Ш.С. Зтелеу, Ш.Ш. Заманғалиева
(АЭжБУ, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, E-mail: doszhanova@aues.kz, Shyngys.zteleu@tele2.kz, sholpan.zam@gmail.com)

КӨЛІКТІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНДА КИБЕРШАБУЫЛДЫ ТАНУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК МОДЕЛІ МЕН АЛГОРИТІМІ

Аннотация. Біз киберқауіп төңкерісі кезінде өмір сүреміз. Зиянды бағдарламалар барынша нәзік, ал шабуылдар әдістемесі — барынша жетілдірілген болып келеді.Көлік секторы бұл жерде өндірісті автоматтандыру, автомобильдерге басқарудың электрондық блоктарын енгізу осының барлығы қазірдің өзінде хакерлер үшін нысанаға айналды. Кез-келген электроника хакерлік шабуылдарға, тіпті қарапайым бағдаршамдарға тән.Қазіргі уақытта әлемдік көлік индустриясы сандық трансформацияны бастан кешіруде, әрі ол біркелкі емес өтуде. SCADA жүйесін басқару үшін пайдаланылатын қоғамдық автомобиль, темір жол және метро сияқты ескі көлік бар. Сондай-ақ таяу онжылдықта жолдарда интернетке қосылған көптеген көлік құралдары мен роботтар пайда болады.

Басқару жүйелері, желілерге қосылу нүктелері, бұлтты қоймалар және көліктің ақпараттық инфрақұрылымының басқа да элементтері кибершабуылдарға осал. 2018 жылдың наурыз айынан бастап 2019 жылдың мамыр айына дейін көлік секторына DoS 44-тен астам шабуыл, зиянды софтты енгізу және сілтемелер жүзеге асырылды. Бұл ретте dos-шабуылдар қаупімен қорқытып алу практикасы өте таралған және аз дәрежеде бопсалаушы софт ransomware пайдаланылады.

Кибер-физикалық жүйелерді қолданудың бір саласы жол қозғалысын ұйымдастыру болып табылады, бұл көлік құралдарының (КҚ) тұжырымдамасының пайда болуына алып келді. Жол қозғалысын ұйымдастыру үшін көлік құралдарын пайдалану өзекті міндет болып табылады, оны шешумен ірі өнеркәсіп компаниялары да, түрлі ғылыми-зерттеу топтары да айналысуда.

Көлік секторында қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін, әдетте, қолжетімділікті басқару, желіаралық экрандарды құру, протоколдау, аутентификация және криптография сияқты қорғаныс әдістері қолданылады. SIEM-жүйелері — IT-жүйелерді мониторингілеу және талдау және ақпараттық қауіпсіздік қақтығыстарын анықтау үлкен танымалдыққа ие. Компанияларды ақпараттық қорғаудың маңыздылығы мемлекеттік деңгейде де ішінара бекітілген: 98-ФЗ "коммерциялық құпия туралы", 149-ФЗ "ақпарат, ақпараттық технологиялар және ақпаратты қорғау туралы", 152-ФЗ "Дербес деректер туралы" және 63-ФЗ "Электрондық қол қою туралы". Кибершабуылды уақытылы табу ешқашан мүмкін емес екенін ескеру керек. Көлік саласындағы кез келген компания немесе кез келген басқа компания үшін кейбір қаражатты ақпараттық қауіпсіздікке жұмсау тиімді болады және сол арқылы зиянкестерге корпоративтік деректерге бақылау жасауға, ақпаратты немесе қаржылық салымдарды ұрлауға мүмкіндік бермейді.

Кілт сөздер: Басқарудың ақпараттық жүйелерін (БАЖ), SCADA жүйесі,Кибер-физикалық жүйелер.

Соңғы бірнеше жылда көлік инфрақұрылымы объектілерінің ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету көлік саласының тыныс-тіршілігінің барлық процестерінде бірінші орында тұр.

Көлік процестерін дамыту жаңа қауіптерді және оларды алдын алу үшін негіз қалыптастырудың қажеттілігін туындатады.

"Ақпараттандыру объектісі деп берілген ақпараттық технологияға сәйкес пайдаланылатын ақпараттық ресурстардың, ақпаратты өңдеу құралдары мен жүйелерінің жиынтығы түсініледі". Көлік қауіпсіздігі ұғымы-көлік инфрақұрылымы объектілерінің және көлік құралдарының заңсыз араласу актілерінен қорғалуының жай-күйі. Ақпараттандыру объектілері ретінде көлік инфрақұрылымы объектілерінің (КИО) қауіпсіздігін кешенді қамтамасыз ету ұғымы, көлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету ұғымымен тығыз байланысты және көбінесе басқарудың автоматтандырылған жүйелерінің (БАЖ) КИО қауіпсіздігін қамтамасыз етудің қабылданған шараларына, сондай-ақ физикалық қорғауды қамтамасыз ету іс-шараларына байланысты.

Инфрақұрылымның аса маңызды объектісі деп жұмыс істеуінің бұзылуы басқаруды жоғалтуына, инфрақұрылымды өзгертуге, ел экономикасының немесе әкімшілік-аумақтық бірліктің қайтымсыз теріс өзгеруіне немесе осы аумақтарда тұратын халықтың тіршілік-тынысының қауіпсіздігінің ұзақ мерзімге нашарлауына әкеп соқтыратын объект түсініледі.

Ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету процесін басқарудың объективтілігі туралы айту үшін, бұл ретте көліктегі процестердің барлық ерекшелігін ескере отырып, ақпараттық алмасу мен процестерді басқарудың бірыңғай кеңістігіне тиімді синтез түрінде өзара байланысты қызметтің негізгі түрлерін автоматтандыру жүйесінің ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз етудің ғылыми, әдіснамалық, математикалық, алгоритмдік және аспаптық-ақпараттық құралдарын әзірлеу қажет.

Қазіргі заманғы маңызды ерекшелігі ақпараттық-коммуникациялық технологиялар болып табылады, олар процестерді олардың жалпы және жеке тиімділігі мен қауіпсіздігін арттыру үшін тездетуге және ұтымды өзгертуге мүмкіндік береді.

Көлік құралдарының жұмыс істеуін, олардың жүріп-тұру жолдарының сапасын, жүк операцияларын және көлік инфрақұрылымы объектілерінің қызметін уақтылы және сапалы басқару көптеген адамдардың өмірі мен денсаулығын сақтауға, сондай-ақ жағымсыз материалдық шығындарды болдырмауға және пайданы ұлғайту мақсатында көлік процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Көлік құралдарының жұмыс істеуін, олардың жүріп-тұру жолдарының сапасын, жүк операцияларын және көлік инфрақұрылымы объектілерінің қызметін уақтылы және сапалы басқару көптеген адамдардың өмірі мен денсаулығын сақтауға, сондай-ақ қажетсіз материалдық шығындарды болдырмауға және пайданы ұлғайту мақсатында көлік процестерін оңтайландыруға мүмкіндік береді.

Осыған байланысты диссертациялық жұмыстың мақсаты ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз етуге арналған тұжырымдамалар, модельдер, әдістер, алгоритмдер мен бағдарламалар кешенін, оларды басқаруды орталықтандыру және олардың қауіпсіз жұмыс істеуінің ғылыми негіздерін қалыптастыру жолымен ақпараттандыру объектілері (КҚ) ретінде зерттеу және әзірлеу болып табылады.

Мұндай аспектіде ғылыми мәселе алғаш рет тұжырымдалған және оны қорғауға шығарылатын келесі ережелерді әзірлеу және іске асыру арқылы шешуге қол жеткізілді:

1. Ақпарат алмасудың бірыңғай кеңістігі (ААБК) АБЖ КИ және КҚ негізінде КИО және КҚ пайдалану кезінде өңделетін ақпараттың қауіпсіздігі мен қорғалуын қамтамасыз ету тұжырымдамасы мен моделі.

2. Таңдалған сервистер жиынтығында пайдаланушыны дискретті сәйкестендіру технологиясы бар әр текті трафикті беру жағдайында қорғалған орындаудағы көлік саласының мультисервистік желісін (КСМЖ) құру және жұмыс істеу моделі.

3. КСМЖ-нің қауіпсіз қызмет ету сапасын бағалау тұжырымдамасы АБЖ және КҚ ААБК-ның өмір сүру негізі ретінде.

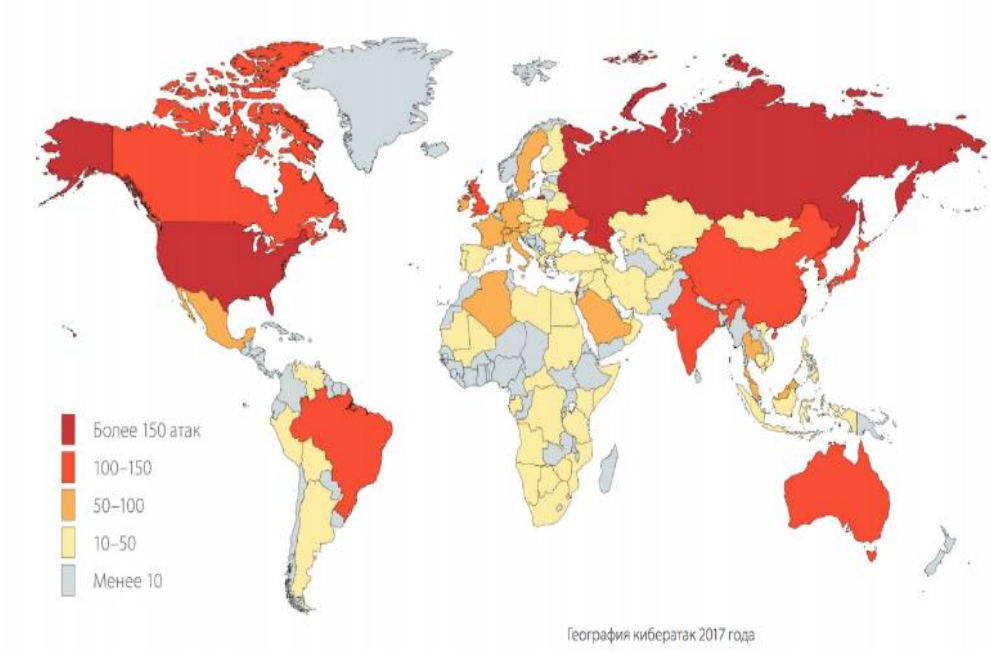
4. Ақпараттандыру объектілері ретінде КИО мен КҚ-ды ұрлау (бұзылу, модификациялау) қауіптеріне қарсы іс-қимылдың жіктелуі мен әдістері, сондай-ақ көрсетілген қауіптерді іске асыруға әкелетін осалдықтарды бағалау алгоритмі.

5. Априорлы анықталатын критерийлерді және олардың алдын ала белгілі мәндерін есепке алу негізінде көлік саласындағы ИО орналастырудың ең қауіпсіз, мақсатқа сай және тиімді құрылымын (аса маңызды объектілерді қоса алғанда) қалыптастыру моделі.

6. Жүкті орналастырудың ұтымды жоспарларын қалыптастырудың математикалық үлгілеріне негізделген КҚ-ның жұмыс істеу қауіпсіздігін қамтамасыз ету әдістері.

7. Кеменің жұмыс қауіпсіздігін қамтамасыз ету мақсатында кемені пайдалану жөніндегі мәліметтердің тұтастығы мен дұрыстығын қолдау жөніндегі іс-шараларды орындау үшін жасалған жүкті орналастыру бойынша жетіспейтін деректерді өзектендіру және қалпына келтіру моделі.

8. Қорғалған орындаудағы транспорттық-қоймалық инфрақұрылым объектілерін басқарудың автоматтандырылған жүйесінің жалпы модульдік құрылымы.



2017 жылы зиянкестердің негізгі себептері тікелей қаржылық пайда алу (70%) және деректерді ұрлау (26%) болды. Ең ұрланған деректер медициналық ақпарат пен төлем карталарының деректері болды. Сарапшылар атап өткендей, Дербес деректер зиянкестерді қызықтыратын болса да, даркнетте олар бұрынғыдай жоғары бағаланбайды.

Киберқылмыскерлер мен "ақылды заттардың"қарқынды өсіп келе жатқан нарығы назардан тыс қалған жоқ. IoT-құрылғылардан есептік деректерді компрометациялау миллиондаған роутерлер, IP-камералар, шаңсорғыштар және басқа да жабдықтар ботнеттерде болды және крипто-валюта, адамдарды бақылау, DDoS-шабуылдар және т.б. үшін пайдаланылады.

Көлік осалдығының негізгі нүктелерінің бірі қаскүнемді енгізу үшін мүмкіндік беретін байланыс арналарының қорғалмауы болып табылады

Fortinet сарапшысы әлеуетті тәуекелдер мен қауіп-қатерлерге қарсы тұру үшін ең алдымен көліктегі Ақпараттық жүйелерді енгізу процесін стандарттау және заңнамалық реттеу мәселелеріне назар аудару қажет деп санайды. Осылайша, жаңа жүйелерді енгізу және қолданыстағы жүйелерді жаңғырту шамасына қарай барынша тиімді қорғаныс құралдары пайдаланылатын болады. Бұл байланыс арналарын және деректерді беру ортасын бұзу тәуекелдерін, сондай-ақ соңғы жабдық пен БҚ осалдығын жоюға мүмкіндік береді.

Біз киберқауіп төңкерісі кезінде өмір сүреміз. Зиянды бағдарламалар барынша нәзік, ал шабуылдар әдістемесі — барынша жетілдірілген болып келеді. Бұлтты сервистердің дамуын, әртүрлі веб-қосымшалардың санын арттыруды, жеке құрылғыларды жаһандық жүйелерге қосуды ескере отырып, хакерлер әзірлеушілері ақпараттық қауіпсіздікке тым қамқорлық жасамайтын ресурстарға тез қол жеткізеді. Көлік секторы бұл жерде өндірісті автоматтандыру, автомобильдерге басқарудың электрондық блоктарын енгізу, навигациялық және басқа да Ақпараттық жүйелер ерекшелік емес — осының барлығы қазірдің өзінде хакерлер үшін нысанаға айналды. 2 жыл ішінде "Тройка" және "Подорожник" көлік карталары бұзылды, киберқорлар теңгерімді толтырмай, оларды пайдалана алды. Кез-келген электроника хакерлік шабуылдарға, тіпті қарапайым бағдаршамдарға тән.

Қорытынды

Көлік қауіпсіздігі саласында заңнамалық негізді жетілдіру Қазақстан Республикасының басымдыққа ие міндеттеріне жатқызылады. Өйткені көліктегі қауіпсіздік мемлекетіміздің ұлттық қауіпсіздігінің құрамдас бөлігі болып табылады. Қазақстан Республикасы көлік кешенінің жағдайы мен қауіпсіз жұмысының сапасынан оның халықаралық көліктік қызмет көрсету нарығындағы бәсекеге қабілеті және Қазақстан аумағы арқылы халықаралық транзиттік тасымал легінің артуы тәуелді болады. Сондықтан көлік қызметінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласында қолданыстағы заңнаманы жүйелендіру қажет және осыған орай келесідей ұсыныстар беріледі:

Көлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету саласында мемлекеттік саясаттың мазмұнын анықтайтын негізгі доктриналық құжат — Көлік қауіпсіздігін қамтамасыз ету тұжырымдамасын әзірлеу қажет. Онда көліктегі қауіпсіздікті қамтамасыз ету шараларын іске асыру бағдарламасы, алдыға қойылатын міндеттері мен мақсаттары, қағидалары, іске асыру тәсілдері мен шаралары, қаржыландыру көздері анықталуы тиіс. Көліктегі қауіпсіздікті қамтамасыз етудің төмендегідей басым міндеттері ұсынылады:

- көлік құралы мен инфрақұрылымның қазіргі техникалық талаптарға және халықаралық стандарттарға сәйкес келуі;
- заңнамалық қамтамасыз ету (заңдар, ережелер, стандарттар);
- кадрлық қамтамасыз ету (көлік кешеніне білікті мамандарды әзірлеу);
- көлік кешенінде көліктегі жол-көлік, төтенше оқиғаларын және апаттардың алдын алу және салдарларын жою мен тергеуде инновацияны қолдану.

Көліктегі қауіпсіздікті қамтамасыз ету саласында туындайтын қоғамдық қатынастарды реттейтін ортақ нормативтік-құқықтық акт — «Көліктегі қауіпсіздік туралы» Қазақстан Республикасының Заңын қабылдау қажет. Заңда мемлекеттік көліктегі қауіпсіздік жүйесінің құқықтық негіздері, көліктік қызмет қауіпсіздігінің мақсаты мен қағидалары бекітілуі тиіс.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Волков В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. - Спб.: Изд-во СПБГТУ, 1997. -510 с.

[2] Кини Р.Л., Райфа Х. Принятие решений на многих критериях: предпочтения и замещения. - М.: Радио и связь, 1981.

[3] Chang K.I., Bowyer K.W., Flynn P J. Face Recognition Using 2D and 3D Facial Data [Electronic resource]. // Multi-Modal User Authentication Workshop. - USA, Santa Barbara. - 2003. - p. 25-32. URL:

[4] http://www.cse.iitk.ac.in/users/rahulaai/papers/GauravGoswami.pdf

[5] Dunstone T., Yager N. Biometric System and Data Analysis: Design, Evaluation, and Data Mining. - Springer. - 2008. - 267 p.

[6] Rúa E. A., Bredin H., Mateo C. G., Chollet G., Jiménez D. G. Audio-Visual Speech Asynchrony Detection using Co-Inertia Analysis and Coupled Hidden Markov Models // Pattern Analysis and Applications. - 2007. - Vol. 12. -№. 3. - p. 271-284.

[7] Stollnitz E. J., DeRose T. D., Salesin D. H. Wavelets for Computer Graphics: A Primer Part 1 // Graphics and Applications, IEEE. - 1995. - p. 76-84.

Досжанова А.А., Зтелеу Ш.С., Заманғалиева Ш.Ш.

Модель и алгоритм информационной безопасности распознавания кибератак в транспортной инфраструктуре

Рзюме: Мы живем в условиях революции киберугроз. Вредоносные программы являются наиболее чувствительными, а методы атак - наиболее совершенными.Транспортный сектор здесь уже стал целью для хакеров по автоматизации производства, внедрению электронных блоков управления для автомобилей. Хакерским атакам подвержена любая электроника, даже обычные светофоры. Сегодня мировая транспортная отрасль переживает цифровую трансформацию, причем неравномерную. Существуют старые транспортные средства, такие как общественный транспорт, железные дороги и метро, которые используются для работы системы SCADA. Также в следующем десятилетии на дорогах появится много автомобилей и роботов, подключенных к Интернету.

Системы управления, точки доступа к сети, облачное хранилище и другие элементы транспортной информационной инфраструктуры уязвимы для кибератак. С марта 2018 года по май 2019 года было совершено более 44 DoS-атак, вредоносных программ и ссылок на транспортный сектор. При этом очень распространена практика вымогательства с угрозой дос-атак и в меньшей степени используется программное обеспечение для шантажа.

Одной из областей применения киберфизических систем является организация дорожного движения, что привело к появлению концепции транспортных средств (ТС). Использование транспортных средств для организации дорожного движения - актуальная задача, которую решают как крупные промышленные компании, так и различные исследовательские группы.

В транспортном секторе для обеспечения безопасности обычно используются такие методы безопасности, как контроль доступа, межсетевые экраны, протокол, аутентификация и криптография. SIEM-системы - очень популярны мониторинг и анализ IT-систем и обнаружение конфликтов информационной безопасности. Важность защиты информации компаний также частично подтверждена на государственном уровне: 98-ФЗ «О коммерческой тайне», 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и защите информации», 152-ФЗ «О персональных данных» и 63-ФЗ «Об электронной подписи». ". Следует отметить, что своевременно обнаружить кибератаку невозможно. Для любой транспортной компании или любой другой компании было бы выгодно потратить немного денег на информационную безопасность и, таким образом, не позволить злоумышленникам контролировать корпоративные данные, кражу информации или финансовые вложения.

Ключевые слова: Информационные системы управления (AIS), система SCADA, киберфизические системы.

S. Aidarova, A. Sharipova, A. Issayeva, D. Sultanbekkyzy, M. Isakhov, A. Babaev

STUDY OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE INTERFACIAL TENSION OF SODIUM CASEINATE AND CHITOSAN AT THE INTERFACE WITH OIL

Annotation. In this paper, it was investigated the dynamic characteristics of the reduction in the interfacial tension of sodium caseinate and chitosan at the interface with oil by the method of tensiometry (PAT-1).

The features of the formation of mixed adsorption layers of emulsion stabilizers at liquid interfaces for use in encapsulation are investigated. The kinetics of lowering of the interfacial tension was studied, and the kinetic parameters of the formation of adsorption layers were calculated. It was established that the duration of the interfacial tension decrease was explained by slow diffusion of the macromolecular coil to the surface, conformational rearrangement of the static coils of macromolecules of the surface activity of the segments, which is reflected in the relaxation time value.

Key words: emulsion, micro- and nanocontainers, emulsification, double emulsions

С. Айдарова[1,2], А. Шарипова[1], А. Исаева[1,2], Д. Султанбеккызы[2], М. Исахов[2], А. Бабаев[2]
([1]Сатпаев Университет, Казахстан, г. Алматы
[2]Казахстанско-Британский технический университет, Алматы, Республика Казахстан,
*E-mail: isa-asem@mail.ru)

ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕЖФАЗНОГО НАТЯЖЕНИЯ КАЗЕИНАТА НАТРИЯ И ХИТОЗАНА НА ГРАНИЦЕ С МАСЛОМ

Аннотация. В данной работе были изучены динамические особенности снижения межфазного натяжения казеината натрия и хитозана на границе с маслом методом тензиометрии (РАТ-1). Исследованы особенности формирования смешанных адсорбционных слоев стабилизаторов эмульсий на жидких границах раздела фаз для использования в капсулировании. Изучена кинетика понижения межфазного натяжения, рассчитаны кинетические показатели формирования адсорбционных слоев. Установлено, что длительность снижения межфазного натяжения связана с медленной диффузией макромолекулярного клубка к поверхности, конформационной перестройкой статических клубков макромолекул по поверхностной активности сегментов, что отражается на значении времени релаксации.

Ключевые слова: эмульсия, межфазное натяжение, эмульгирование, двойные эмульсии

1. Введение

В настоящее время композиционные материалы вызывают огромный интерес в связи с их способностью эффективно модифицировать практически важные свойства многочисленных разновидностей дисперсных систем, применяемых широко во всех отраслях производства, добычи и переработки.

Особенный интерес привлекают композиционные материалы, состоящие из поверхностно-активных веществ (ПАВ) и полимеров. Такие композиционные материалы являются перспективными для развития нанотехнологий и получения новых наноматериалов с высокоэффективными свойствами, обусловленное способностью композиций к образованию наноструктур как в собственной фазе, так и на межфазных границах раздела фаз [1].

Многочисленные систематические экспериментальные исследования поверхностно-активных веществ, макромолекул или их смесей были выполнены с использованием различных дополнительных методов: измерения динамического и равновесного межфазного натяжения [2-4], эллипсометрии [5-7], поверхностного рассеяния света [8,9], дилатационной и сдвиговой реологии [10,11].

Адсорбция молекул на границах раздела в ориентированном направлении является одним из наиболее интересных и важных свойств поверхностно-активных веществ. Адсорбция изучалась в основном [12,13] для определения избыточной концентрации поверхностно-активного вещества на границе раздела, ориентации молекул на границе раздела, эффективности адсорбции и изменений энергии в системе, возникающих в результате адсорбции.

Белки представляют интерес для многих современных технологий, таких как биохимия, медицина, пищевая промышленность, фармацевтика и т.д. В течение многих лет проводились интенсивные исследования для лучшего понимания механизмов стабилизации пены и эмульсий белками, например, в работах [18-21].

Белки, как правило, адсорбируются на границах жидкости и хорошо известны как эффективные стабилизаторы пенопластов и эмульсий [14,15]. Многослойные капсулы образуются путем последующей послойной адсорбции пары противоположно заряженных полисахаридов (хитозан и альгинат) на капли масляной эмульсии при низкой ионной силе [16]. Образование М/В эмульсии, стабилизированной лецитином и первым адсорбированным слоем хитозана, осуществляется в соответствии с процедурой, предложенной Калво и соавторами [17].

Адсорбция белков на границах раздела жидкость/жидкость сильно зависит от состава водного раствора, то есть от массовой концентрации белка, pH и количества добавленной соли. При фиксированной концентрации белка кинетика адсорбции и адсорбированное количество белка зависят от pH и ионной силы раствора [18-21]. Повышенная ионная сила усиливает адсорбцию и приводит к увеличению поверхностного давления [22]. Влияние pH на свойства поверхностных слоев белка намного сложнее и требует систематических исследований, чтобы осветить эти эффекты.

Анализ существующего состояния научной литературы показал недостаточную глубину исследованности особенностей формирования межфазных адсорбционных слоев композиций полиэлектролита с ПАВ на границе раздела фаз вода/масло для использования в микрокапсулировании.

В связи с этим, представлял интерес изучение динамических особенностей снижения межфазного натяжения синтетических и биосистем на границе с маслом.

2. Экспериментальная часть

2.1Материалы

В работе были использованы казеинат натрия, хитозан с молекулярным весом около 50,000-190,000 Da, беталактоглобулин с молекулярным весом около 18,363 Da, миглиол, тетрадекан. (Все *реагенты, использованные* в настоящем исследовании производства *фирмы* Sigma-Aldrich Co.).

2.3 Методы исследований

Значения динамического и равновесного межфазного натяжения белков были измерены методом тензометрии PAT-1 с помощью анализа формы капли (SINTERFACE Technologies, Берлин, Германия), как описано в [22].. Значения равновесного межфазного натяжения были получены после достаточно длительного времени адсорбции, чтобы усилить адсорбционное равновесие. Межфазное натяжение сверхчистой воды Milli-Q на границе с тетрадеканом составляло 52,2 мН/м при комнатной температуре

(22°C). Во всех экспериментах на границе раздела вода / тетрадекан в стеклянной кювете, содержащей чистый тетрадекан, образовывалась капля водного раствора. Средняя площадь поверхности капли составляла около 20 мм^2.

3. Результаты и их обсуждение

Межфазное натяжение является одним из параметров, обеспечивающих устойчивость дисперсных систем. В связи с этим представлял интерес исследования белков на модельной границе раздела фаз.

Для выяснения особенностей формирования межфазных адсорбционных слоев казеината натрия, хитозана, беталактоглобулина были изучены кинетические зависимости снижения межфазного натяжения во времени.

Кинетика понижения межфазного натяжения казеината натрия представлена на рисунке 1.

Анализ кинетических зависимостей межфазного натяжения показывает, что для достижения предельных значений межфазного натяжения водных растворов дифильных полиэлектролитов требуется длительное время (несколько часов). Длительность снижения межфазного натяжения можно объяснить медленной диффузией макромолекулярного клубка к поверхности, конформационной перестройкой статических клубков макромолекул по поверхностной активности сегментов, что отражается на значении времени релаксации.

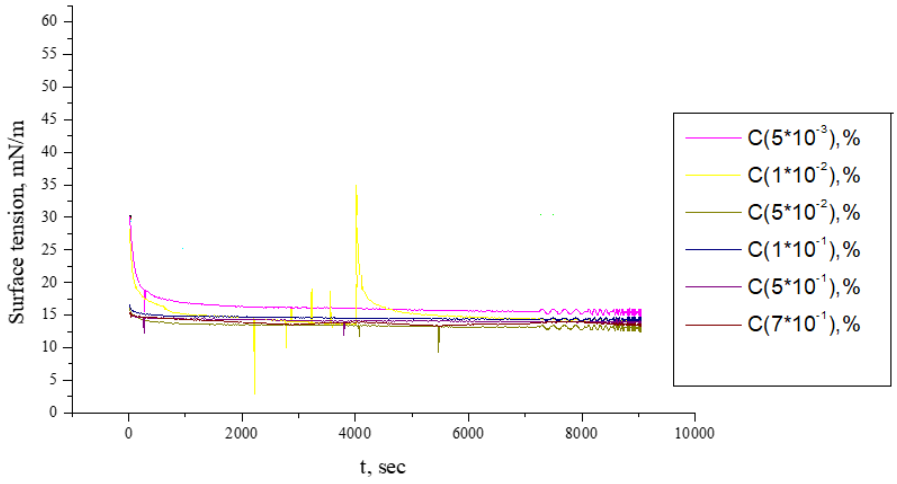


Рис. 1. Кинетика понижения межфазного натяжения казеината натрия

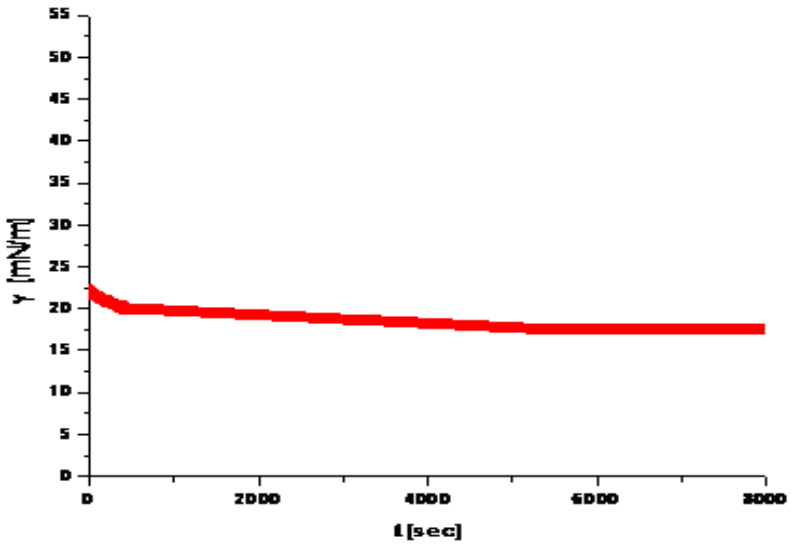


Рис. 2. Кинетика понижения межфазного натяжения хитозана (0,1%) на границе раздела вода/тетрадекан и на границе с миглиолом

С целью обсуждения кинетических кривых (рисунок 2-4) необходимо условно разделить их на две области, и принимая во внимание теорию адсорбции полимеров Зильберберга и Фриша-Симхи-Эйриха [39].

Значения скорости снижения σ на первом $V_1=-(\frac{d\sigma}{d\tau})$ и на втором участке V_2 кривых зависимости σ(τ) приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Скорости понижения межфазного натяжения биосистем**

Биополимеров	V_1, $\frac{мН}{м \cdot С}$
Хитозан (0,1%)	0,5
Казеинат натрия	0,27

Количественная оценка показывает, небольшие значения скорости понижения межфазного натяжения растворов биополимеров V_1. Такая существенная замедленность снижения межфазного натяжения может быть связана с тем, что кинетика адсорбции на этом участке определяется скоростью дифференциации сегментов макромолекулы [40-41].

Для получения дополнительной информации о скорости понижения межфазного натяжения водных растворов полиэлектролитов кинетические зависимости межфазного натяжения обработаны с помощью уравнения, предложенного в [40-41]:

$$\lg [2{,}3 \lg \frac{\sigma_0 - \sigma_\infty}{\sigma_\tau - \sigma_\infty}] = \lg k + n \lg\tau \qquad (1)$$

где σ_τ- межфазное натяжение раствора в момент времени τ:

σ_∞ - равновесное межфазное натяжение:

σ_0- межфазное натяжение в момент времени τ=0:

k-константа скорости адсорбции:

n-безразмерная константа.

По величинам n можно судить о лимитирующей стадии адсорбции макромолекул: при n≈0,5 кинетика понижения межфазного натяжения определяется скоростью диффузии макромолекул из объема раствора к границе раздела фаз, а при n≈1,0 кинетика понижения межфазного натяжения контролируется конформационными перестройками макромолекул непосредственно в адсорбционном слое [42].

Путем построения зависимости $\lg [2{,}3\lg \frac{\sigma_0 - \sigma_\infty}{\sigma_\tau - \sigma_\infty}]$ от lgτ были найдены константы k и n и рассчитаны времена релаксации адсорбционных слоев синтетических и биополимеров.

Таблица 2. **Кинетические показатели формирования адсорбционных слоев биосистем на межфазной границе вода/миглиол**

Параметры, объекты	Хитозан (0,1%)	Казеинат (10^{-2} %)
K	0,45	0,30
n	0,55	0,70
υ, мин	160	110

Из данных таблицы 2 следует, что лимитирующей стадией адсорбции макромолекулярных клубков биополимеров является их диффузия из объема раствора к межфазной границе.

Известно, что формирование адсорбционного слоя полимеров является длительным процессом [43-44]. Длительность снижения межфазного натяжения объясняется медленной диффузией макромолекулярного клубка к поверхности, а также конформационной перестройкой статистических клубков макромолекул по поверхностной активности сегментов, что отражается на значениях времени релаксации.

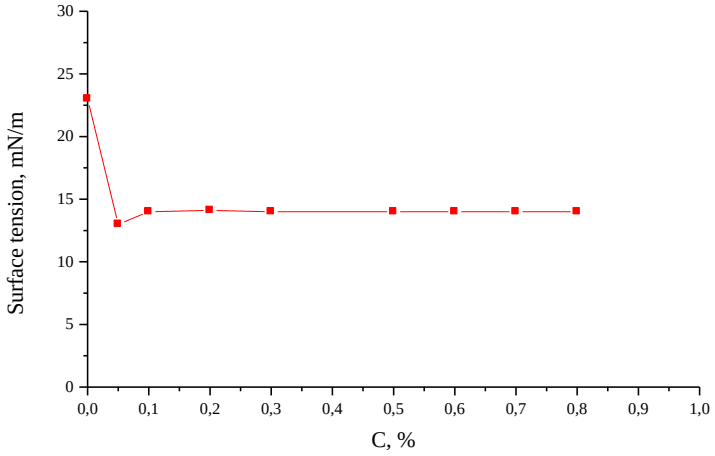


Рис. 3. Изотерма межфазного натяжения казеината натрия

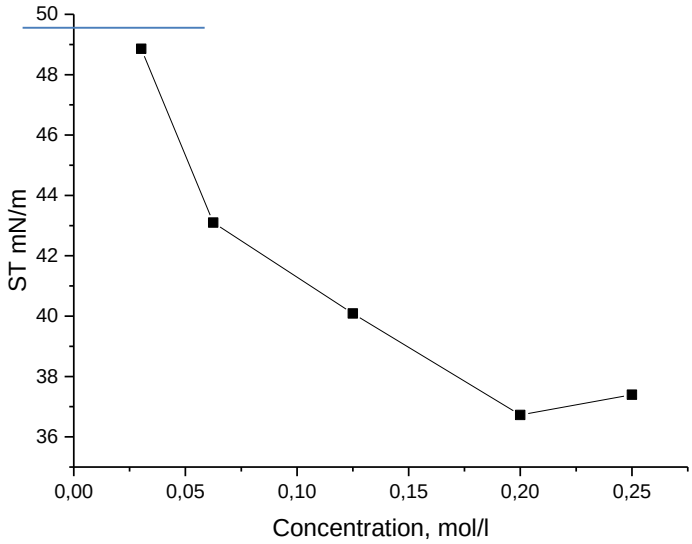


Рис. 4. Изотерма межфазного натяжения хитозана

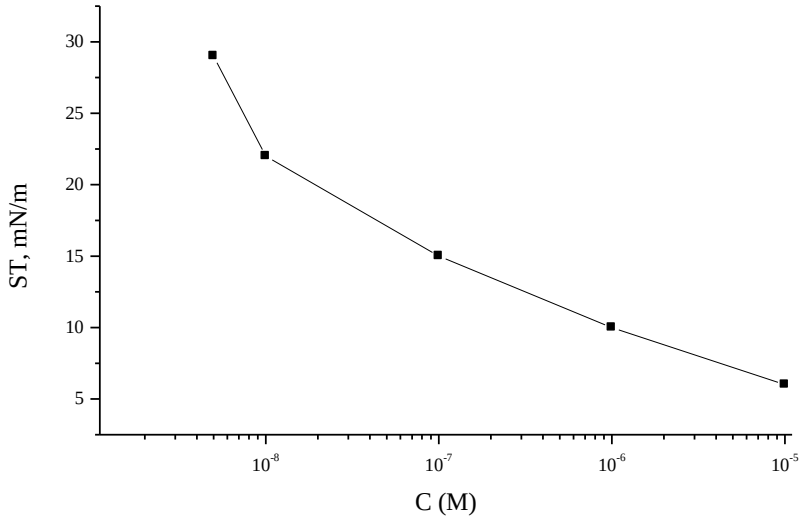


Рис. 5. Изотерма межфазного натяжения БЛГ при pH 5 награнице с миглиолом

Таблица 3. **Поверхностная активность G, адсорбция Г и параметры адсорбционных слоев биополимеров**

Система	G, мН·м^2/осн-моль	$\Gamma_{max}\cdot10^6$, осн-моль/м^2	$S_0\cdot10^{20}$, м^2
Хитозан	150	2,7	61
Казеинат натрия	166	2.4	69
Беталактоглобулин	500	7,8	21

Табличные данные показывают, что беталактоглобулин обладают более высокой поверхностной активностью. При этом посадочная площадь БЛГ меньше в 3 раза, по сравнению с другими биополимерами.

Заключение. С целью выявления коллоидно-химических параметров функциональных реагентов для получения эмульсий с использованием природных систем были исследованы особенности формирования смешанных адсорбционных слоев стабилизаторов эмульсий на жидких границах раздела фаз для использования в капсулирования. Изучена кинетика понижения межфазного натяжения, рассчитаны кинетические показатели формирования адсорбционных слоев.

Установлено, что лимитирующей стадией адсорбции макромолекулярных клубков биополимеров является их диффузия макромолекулярного клубка к поверхности, что отражается на значениях времени релаксации.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Шарипова А.А. Межфазные наноструктурированные смешанные слои композиций поверхностно-активных веществ с полиэлектролитами и их применение для инкапсуляции. Диссертация на соискание доктора философии (2014).

[2] Miller R., Joos P., Fainerman V.B. Adv. Colloid Interface Sci. 49 (1994) 249-302.

[3] Mucic N., Javadi A., Kovalchuk N.M., Aksenenko E.V., Miller R. Adv. Colloid Interface Sci. 168 (2011) 167-178.

[4] Fainerman V.B., Lylyk S.V., Aksenenko E.V., Petkov J.T., Yorke J., Miller R. Colloid Surfaces A 354 (2010) 8-15.

[5] De Feijter J.A., Benjamins J., Veer F.A. Biopolymers 17 (1978) 1759.

[6] Motschmann H., Teppner R. Ellipsometry in Interfacial Science in "Novel Methods to study interfacial layers" D. Möbius and R. Miller, Studies in Interface Science, Vol. 11, Amsterdam, Elsevier, (2001).

[7] Day J.P.R., Pudney P.D.A., Bain C.D. Phys. Chem. Chem. Phys. 12 (2010) 4590-4599.

[8] Russev S.C., Arguirov T.Vl., Gurkov T.D. Colloids Surfaces B 19 (2000) 89-100.

[9] Langevin D. Light Scattering by Liquid Surfaces and Complimentary Techniques, Marcel Dekker (Eds.), New York, 1992.

[10] Vollhardt D., Czichocki G., Rudert R. Colloids Surfaces A, 76 (1993) 217.

[11] Martin A., Bos M., Stuart M.C., Vliet T., Langmuir 18 (2002) 1238-1243.

[12] Dickinson E. and Galazka Y. B. Emulsion stabilization by ionic and covalent complexes of β-lactoglobulin with polysaccharides. Food Hydrocolloids, 5 (1991) 281-296.

[13] Gochev G., Retzlaff I., Exerowa D. R. and Miller R. Electrostatic stabilization of foam films from β-lactoglobulin solutions. Colloids and Surfaces A, 460 (2014) 272–279.

[14] Dickinson E. and Galazka Y. B. Emulsion stabilization by ionic and covalent complexes of β-lactoglobulin with polysaccharides. Food Hydrocolloids, 5 (1991) 281-296.

[15] Gochev G., Retzlaff I., Exerowa D. R. and Miller R. Electrostatic stabilization of foam films from β-lactoglobulin solutions. Colloids and Surfaces A, 460 (2014) 272–279.

[16] Ogawa S., Decker E.A., McClements D.J., J. Agric. Food Chem., 52(11) (2004) 3595.

[17] Calvo P., Remunan-Lopez C., Vila-Jato J., Alonso M. Colloid Polym Sci., 275 (1997) 46.

[18] Brash J.L., Horbett Th., Norde W. (Eds). Proteins at Interfaces.III State of the Art. ACS Symp. Ser., Vol. 1120 (2012).

[19] Proteins in solutions and at interfaces: Methods and Applications in Biotechnology and Material Science, J.M. Ruso, A. Pineiro Eds. In: Surface and Interfacial Chemistry, P. Somasundaran, N. Garti, series Eds. John Wiley & Sons Inc., Hoboken, NJ, (2012).

[20] Noskov B.A. Protein conformational transitions at the liquid-gas interface as studied by dilational surface rheology. Adv. Colloid Interface Sci. 206 (2014) 222-238.

[21] Song K.B., Damodaran S. Influence of Electrostatic Forces on the Adsorption of Succinylated β-Lactoglobulin at the Air-Water Interface. Langmuir 7 (1991) 2737-2742.

[22] Wüstneck R., Fainerman V.B., Aksenenko E., Kotsmar Cs., Pradines V., Krägel J., Miller R. Surface dilatational behavior of β-casein at the solution/air interface at different pH values, Colloids Surfaces A 404 (2012) 17-24.

[23] Loglio G., Pandolfini P., Miller R., Makievski A.V., Ravera F., Ferrari M., Liggieri L. Novel methods to study interfacial layers in studies, in: D. Möbius, R. Miller (Eds.), Studies in Interface Science, vol. 11, Elsevier, Amsterdam, 2001, pp. 439.

Айдарова С., Шарипова А., Исаева А., Султанбеккызы Д., Исахов М., Бабаев А.

Натрий казеинаты мен хитозанның маймен шекарасында фазаралық керілуінің динамикалық ерекшеліктерін зерттеу

Түйіндеме. Жұмыста тензиометрия әдісі (РАТ-1) арқылы натрий казеинаты мен хитозанның май шекарасында фазаралық керілуінің төмендеуінің динамикалық ерекшеліктерін зерттеу қарастырылды. Эмульсияларды тұрақтандырғыштардың аралас адсорбциялық қабаттың сұйық фазалар бөліну шекарасында түзілу ерекшеліктері зерттелді. Фазааралық керілудің төмендеу кинетикасы зерттелді, адсорбциялық қабаттардың түзілуінің кинетикалық көрсеткіштері есептелді. Фазааралық керілудің төмендеу ұзақтығы макромолекулалық шиеленістің беткі қабатта баяу диффузясымен түсіндірілді.

УДК 331.41/43

N.T. Isembergenov, T. Abdikul
(Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
isembergenov@mail.ru, toktar1030@mail.ru)

RESEARCH OF THE TRANSISTOR INVERTER FOR SOLAR POWER STATION

Abstract. This work is devoted to obtaining a 6-level sinusoidal voltage curve from 3 constant voltage sources, and the development of a transistor control algorithm in a single-phase multi-level conversion system. The developed algorithm allows you to organize the correct operation describes the state of the transistors at each point in time when building a computer model of a single-phase multi-level converter. The developed algorithm of transistors provides a sinusoidal voltage curve at the output of the converter.

Keywords: IGBT transistor, multi-level transducer, solar energy, inverter, solar cell, sinusoidal voltage

Н.Т. Исембергенов, Т. Абдикул
(Satpayev University, Almaty, Kazakhstan)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ

Аннотация. Данная работа посвящена получение 6 уровнего синусоидальную кривую напряжение от 3-х источников постоянного напряжение, и разработке алгоритму управления транзисторами в однофазной многоуровневой системе преобразования. Разработанный алгоритм позволяет организовать корректную работу описывает состояния транзисторов на каждый момент времени при построении компьютерной модели однофазного многоуровневого преобразователя. Разработанный алгоритм работы транзисторов обеспечивает получения на выходе преобразователя синусоидальную кривую напряжения.

Ключевые слова: IGBT транзистор, солнечная энергия, инвертор, солнечный элемент, синусоидальное напряжение.

ВВЕДЕНИЕ

Задача инвертирования электроэнергии в настоящее время решается преимущественно, так называемыми, статическими преобразователями, наиболее эффективными среди которых по КПД и массогабаритным показателям являются полупроводниковые транзисторные преобразователи. Для получения однофазной системы при многоуровневом преобразовании необходимо разработать корректное управление работы транзисторов каждого уровня, где очень важно состояние каждого элемента в определенный момент времени. Поэтому актуальной проблемой для многоуровнего преобразователя является разработать алгоритм управления с учетом состояния каждого транзистора по уровням.

Системы автономного и бесперебойного питания, как правило, используются для обеспечения работы аппаратуры с питанием 220 В. В этом случае остро стоит вопрос обеспечения электропитания 220 В. Как только речь заходит о мощности 220 В надо четко понимать, что существуют две единицы измерения мощности - ватты (Вт), и вольт-амперы (ВА). 1 Вт = 1.4 ВА или 1ВА = 0.7 Вт Как правило, на блоках и инверторах указывают значения в вольт-амперах. Поэтому, чтобы получить значение максимальной мощности в Ваттах, эту величину надо поделить на 1,4. При этом мощность потребителя электроэнергии может быть указана в зависимости от типа прибора в любой из двух единиц.

МОДЕЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Модифицированный синус - это приближения к синусоидальному сигналу с помощью сигналов «прямоугольной» формы. Самое грубое, но простое приближение - это меандр - сигнал прямоугольной формы переменной полярности (рис. 1). Причем речь идет о передаче энергетики сигнала, т.е. о равенстве эффективного значения напряжения (площади под кривой напряжения). Как следствие, амплитуды двух сигналов - синуса и меандра отличаются. Чтобы получить Uэфф=220 В меандр должен иметь амплитуду 220 В, а синус имеет амплитуду 311 В.

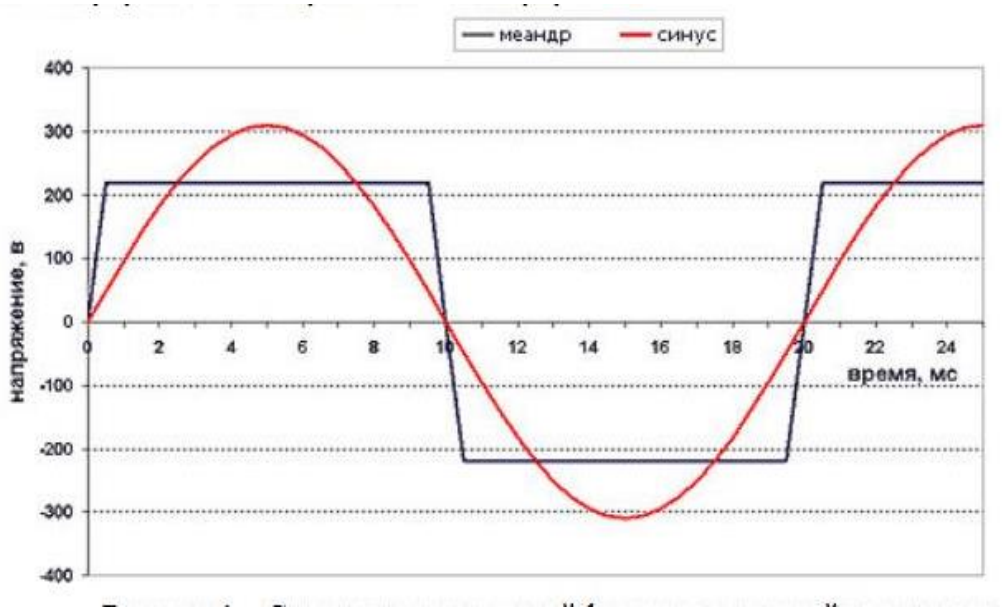


Рис. 1. Сигнал прямоугольной формы переменной полярности

На практике меандр не применяется, т.к. в момент резкой смены полярности возникают очень неприятные эффекты в аппаратуре. Применяют обычно меандр с паузой, или так называемый «модифицированный синус» (рис.2).

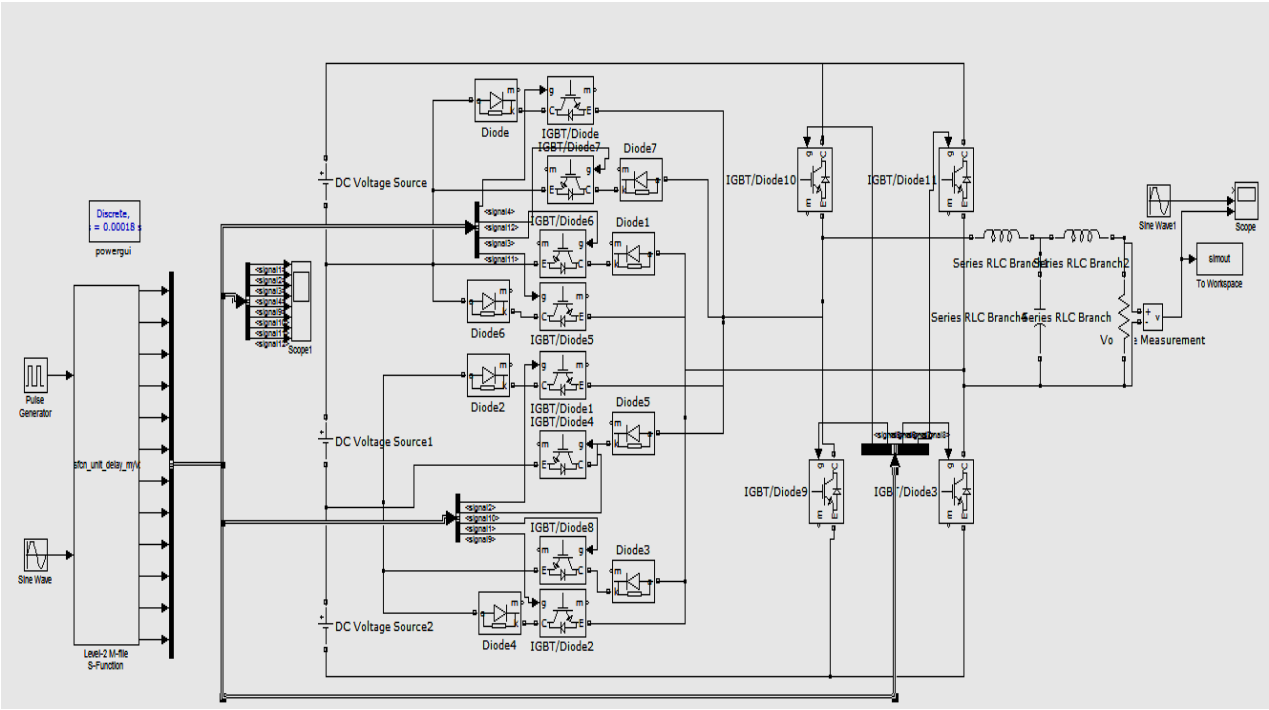


Рис. 2. Модель однофазного 6-и ступенчатого инвертора

В работе построена модель однофазный шестиступенчатой системы преобразования постоянннного напряжения в переменное напряжение промышленной частоты. Источникиами постоянного напряжения рассматриваются солнечные элементы. Максимальное напряжение системы 312В при постоянной частоте 50Гц. При этом мощность системы 2кВт. Источники постоянного напряжения ступенчато подключаются к ступенчатому инвертору, который собран на IGBT транзисторах. Параметры каждого источника постоянного напряжения $E_1 = 44.5$ В, $E_2 = 89.5$В , $E_3 = 178$В. Параметры каждого транзистора устанавливается в окне FunctionBlockparameters: IGBT. Для каждого транзистора устанавливается свое время согласно разработанной логике управления, которое фиксируется в таймере с помощью окна Level-2 M-file

Таблица 1. **Углы коммутации шестиуровнего инвертора**

№	Амплитуды ступеней	Углы в градусах	Фазы
1	$E_1 = 44.5B$	8.19	0.00044
2	$E_2 = 89.5B$	16.26	0.00088
3	$E_1 + E_2 = 134B$	24.83	0.00132
4	$E_3 = 178B$	34.75	0.00176
5	$E_2 + E_3 = 267.5B$	58.2	0.00264
6	$E_1 + E_2 + E_3 = 312B$	67	0.00396

С помощью микроконтроллера Level-2 M-file задаем транзистору соответствующие сигналы, которые показаны на рисунке ниже:

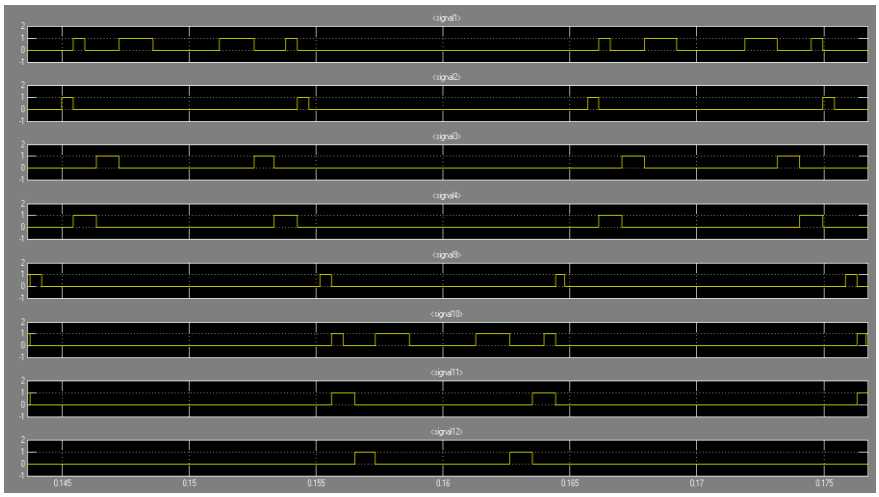


Рис. 3. Временное состояние транзисторов(ключей)

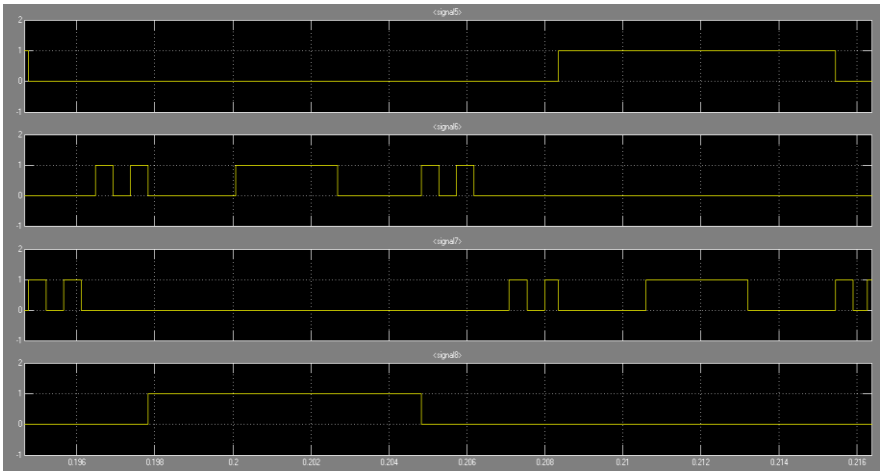


Рис. 4. Временное состояние транзисторов(инвертор)

На нагрузке получено выходное напряжение, представленное на рисунке 5. Для полученной кривой напряжения 1, с целью сравнения, была построена идеальная синуиодальная кривая напряжения 2. Она позволяет проанализировать насколько полученный результат приближается к идельной синусоидальной кривой напряжения.

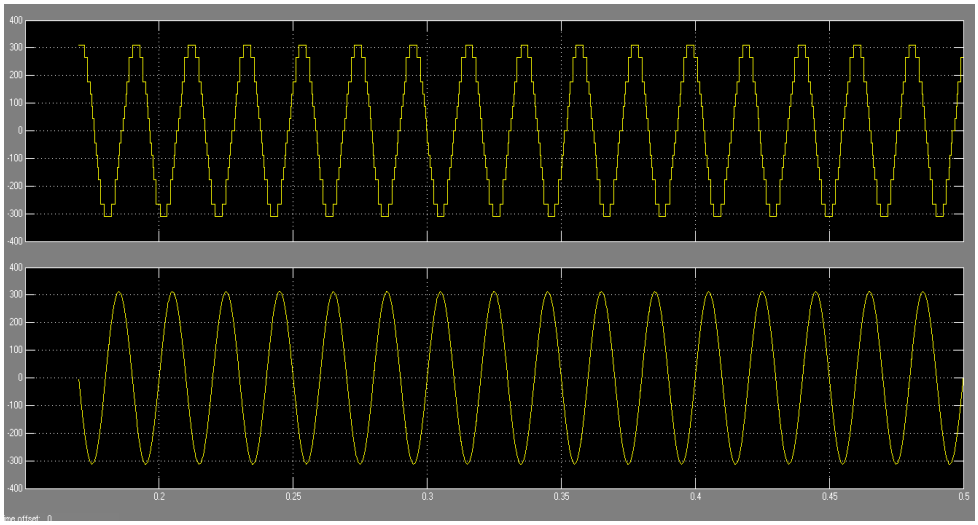


Рис. 5. Выходное напряжение однофазного шестиступенчатого преобразователя

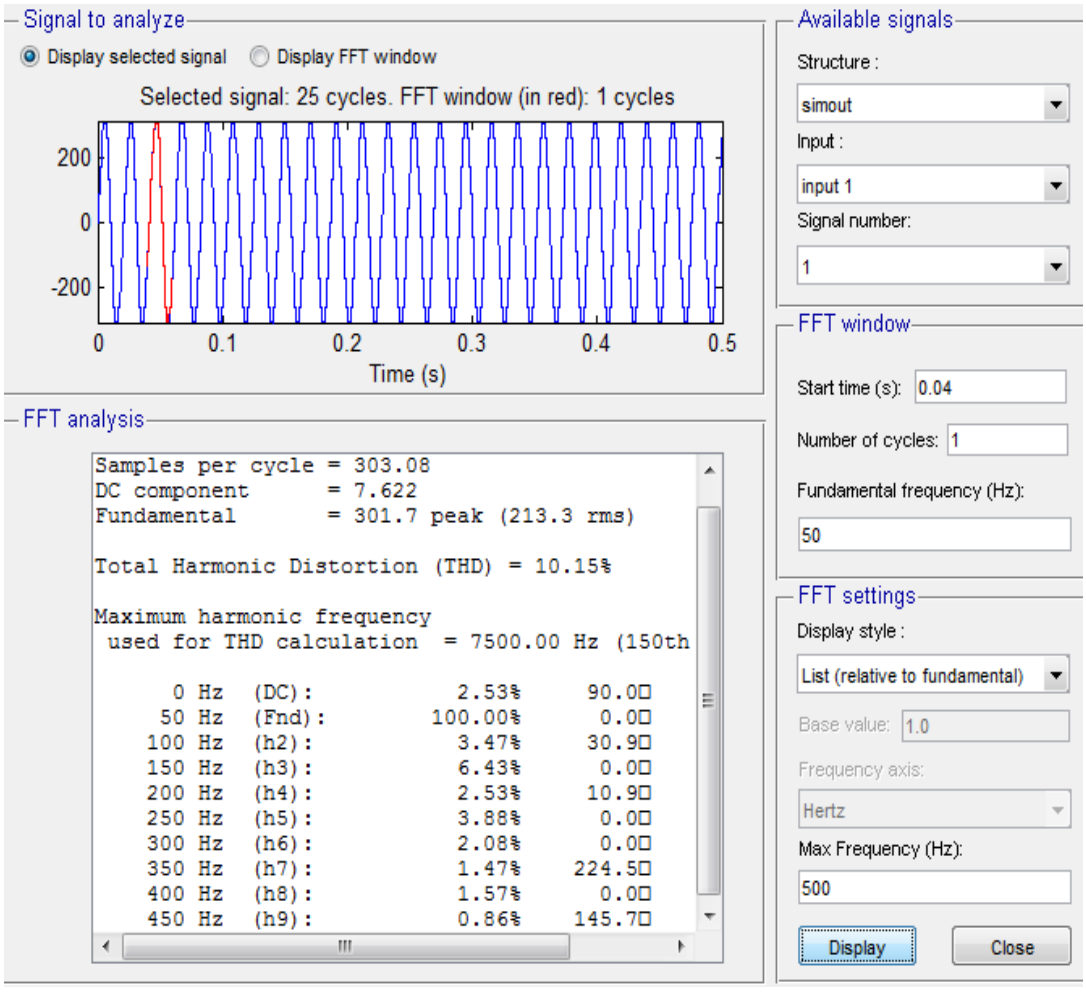


Рис. 6. Спектральный анализ выходного сигнала

ВЫВОД

На практике, когда мы рассматриваем конечное назначение схемы, различия между инверторами и генераторами, становятся достаточными очевидными. Назначение схемы тут же подскажет нам как более правильно ее называть: генератором или инвертором. Обычно инвертор применяется в качестве источника питания.

Модифицированный синус - это приближения к синусоидальному сигналу с помощью сигналов «прямоугольной'» формы. Самое грубое, но простое приближение - это меандр - сигнал прямоугольной формы переменной полярности

В соответствии с графическим анализом можно утверждать, что разработаннный алгоритм управления работой транзисторами однофазного многоступенчатого преобразователя обеспечиваетна выходе наиболее синусоидальную кривую напряжения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Исембергенов. Н.Т.,Илипбаева Л.Б Патент №56487 Комитет по правам интеллектуальной собственности Министерства Юстиции Республики Казахстан. Многоступенчатый трехфазный транзисторный инвертор /..: опубл.15.09.2008.бюл.№9.2ст:ил.

[2] Н.Т.Исембергенов, Л.Б.Илипбаева Преобразование солнечной энергии в электроэнергию промышленной частоты и напряжения. – Алматы: Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан.

[3] Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование.: пер. с англ. – К.: “МК-Пресс”, 2005. – 288 с., ил.

[4] Москатов Е.А. Силовая электроника. Теория и конструироание. – К.: “МК-Пресс”, СПб. : “КОРОНА – ВЕК”, 2013. – 256 с., ил.

[5] Готтлиб И.М., Источники питания. Инверторы. Конверторы. Линейные и импульсные стабилизаторы. 2000

Исембергенов Н.Т., Абдикул Т.

Күн электростанциясына арналған транзисторлық инверторды зерттеу

Түйіндеме. Бұл жұмыс 6 деңгейлі синусоидалық кернеудің қисығын 3 тұрақты кернеу көзінен алуға және бір фазалық көп деңгейлі түрлендіру жүйесіндегі транзисторларды басқару алгоритмін жасауға арналған. Жасалған алгоритм транзисторлардың дұрыс жұмыс істеуіне мүмкіндік береді және бір фазалық көп деңгейлі түрлендіргіштің компьютерлік үлгісін құру кезіндегі әрбір уақыт моментіндегі транзисторлардың қалпын сипаттайды. Ұсынылған транзисторлар жұмысын басқару алгоритмі түрлендіргіштің шығысында синусоидалық кернеу формасын алуға мүмкіндік береді.

Өзекті сөздер. IGBT транзистор, күн энергиясы, инвертор, күн элементі, синусоидалық кернеу

УДК 631.362.6

N. Isembergenov, A. Iskakova
(The Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpaev,
Almaty, Kazakhstan
Email: isembergenov@mail.ru, asiya_3195@mail.ru)

INVESTIGION OF INVERTER VOLTAGE REGULATOR

Abstract. This article discusses an inverter voltage regulator, which consists of a rectifier, an inverter, a transformer, and a frequency converter. The models of the rectifier and inverter developed on the Matlab program are shown in detail. The type of stabilizer under investigation was compared with its other species, and the main advantages were identified.

Key words: Voltage stabilizer, rectifier, inverter, transformer, frequency converter.

Н.Т. Исембергенов, А.Ж. Искакова
(Қ.И.Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан
Email: isembergenov@mail.ru, asiya_3195@mail.ru)

ИНВЕРТОРЛЫҚ КЕРНЕУ СТАБИЛИЗАТОРЫН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Бұл мақалада түзеткіштен, тегістеуші сүзгіден, инвертордан және трансформатордан тұратын инверторлық кернеу стабилизаторы қарастырылады. Стабилизатордың Matlab бағдарламасында жасалған функционалды блоктары айқындап көрсетілді. Стабилизатордың зерттелетін түрі оның басқа типтерімен салыстырылды, оның негізгі артықшылықтары анықталды.

Өзекті сөздер: Кернеу стабилизаторы,түзеткіш, тегістеуші сүзгі, инвертор, трансформатор.

КІРІСПЕ

Қазіргі заманда телекоммуникациялық жүйелердің рөлі және таратылатын ақпарат көлемі артып жатыр. Телекоммуникация саласы қарқындап өсуде және байланыстың жаңа түрлері де игеріліп жатыр. Соңғы онжылдықтың өзінде бұл салада интернет, ұялы байланыс, мобильді спутникті телефония және теледидарлық таратылым сияқты бағыттары пайда болды. Саланың аталған бағыттарыныңң дамуы барысында стандарттар ұрпақтары да бірнеше рет ауысты. Байланыстың көптеген түрі ақпарат таратудың цифрлық стандартына ауысып жатыр. Телекоммуникациялық жабдықтың жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз ету факторларының бірі оны электр энергиясымен үздіксіз қамтамасыз ету болып табылады. Электр энергиясы параметрлерінің рұқсат етілген шектен шығуы байланыс линияларының жұмысында үзілістер тудыруы немесе тіпті жабдықтың істен шығуына әкеп соқтыруы мүмкін [1].

Желілік кернеудің секірмелі өзгерістері бұрынннан күрделі мәселелердің қатарында, алайда соңғы уақытта бұл мәселе біздің еліміз үшін өзекті мәселеге айналуда. Бұл электр энергиясын қолданудың тұрақты түрде артуымен байланысты.

90-шы жылдарға дейін барлық тұрмыстық техника теледидар, тоңазытқыш және магнитофоннан тұрса, қазіргі кезде әрбір пәтерде сан алуан қуатты әрі сезімтал тұрмыстық техника (компьютерлер, желдеткіштер, мұздатұыш камералар, микротолқынды пештер, кіржуғыш машиналар, бейне және дыбыс аппаратуралары және т.б.) қолданылады. Сондай-ақ, олардың барлығы дерлік әрдайым желіге қосулы.

Тәжірибеде желідегі кернеудің тым төмендеп кету жағдайлары жиі кездеседі. Әсіресе ескі өткізгіштердің қажетті қуатты беруге қабілетсіздігіне, коммуналдық қызметтердің біртекті фазаға ауыстырылуына байланысты, желі кернеуінің шамадан тыс артуына әкеп соқтыратын нөлдік жұмыстық өткізгіштің жарылып кетуінен сақтануына байланысты ескі құрылысы нысандарында жиі кездеседі. Төмендеген желі кернеуі кейбір тұрмыстық құралдарға немесе олардың белгілі бір функцияларына зақым келтіруі мүмкін. Мысалы, микротолқынды пеш сақинасын айналдырады, бірақ қыздырмайды; кір жуғаш машина тоқтаусыз жұмыс істейді; кең таралған бұзылыс - тұрақты іске қосылып тұратын тоңазытқыш компрессорының істен шығуы[2].

Әр елде өзіндік ток күші және жиілігі болатыны белгілі. Сол себепті ауытқу нормалары Жердің әр бұрышы ішін бір-бірінен ерекшеленеді. Біздің еліміз Мемлекеттік бекітілген ережелерге сәйкес 220В кернеуді қолданады, ал ауытқу 10 пайыздан артық болмауы керек[5].

Желідегі төмен кернеу – жеке меншік секторындағы үй шаруашылықтарына тән мәселе. 160-180 вольт – көптеген электр құралдары мен жарықтандырғыштар жұмысы үшін жеткіліксіз болып саналады. Тіпті қарапайым қузы шамы тым төмен кернеуді жанбайды. Желідегі кернеудің секірмелі өзгерісін болдырмау үшін соңғы жылдары кең қолданыла бастаған тиімді шешім – желі кернеуінің стабилизаторын қолдану. Бұл құрылғы жоғары немесе төмен өзгерістерді өтеуге мүмкіндік береді.

НЕГІЗГІ БӨЛІМ

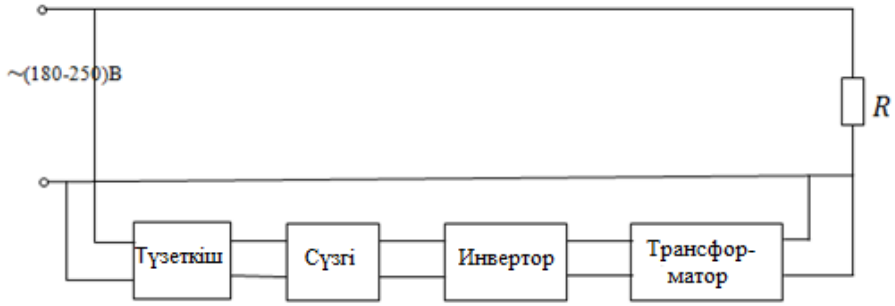
Стабилизаторлар – қоректендіруші желідегі кернеудің төмендетілген немесе жоғарылатылған мәндерінде кернеуді автоматты түрде тұрақтандыруға арналған құрылғы. Үлкен және күрт секірмелі өзгерістерден және кернеудің тұсін кетунен қорғайды, желілік бөгеуілдерді сүзгіден өткізеді және жабдықтарды өздерінің талап етілген сипаттамалары шегінде сапалы электрлік қоректенуін қамтамасыз етеді, және сол арқылы оларды пайдалану сенімділігін арттырып, қызмет ету мерзімін ұзартады[6].

Инверторлық стабилизаторда екі үрдіс орындалады:

- Айнымалы токты тұрақты токқа айналдыру;
- Кері үрдіс.

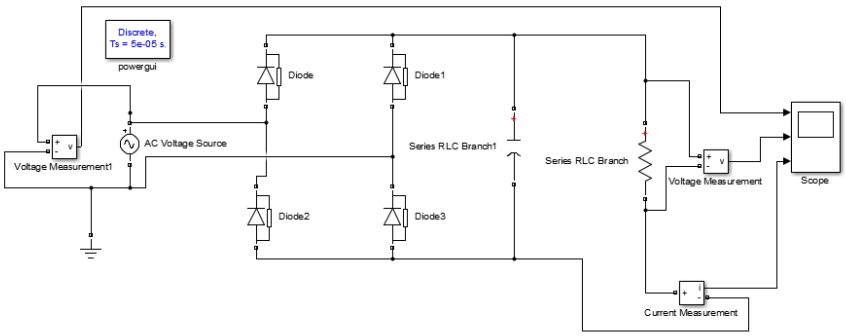
Құрылғының сұлбасы келесідей электронды блоктардан тұрады:

- Диодтық түзеткіш;
- Тегістеуші сүзгі;
- Инвертор;
- Трансформатор

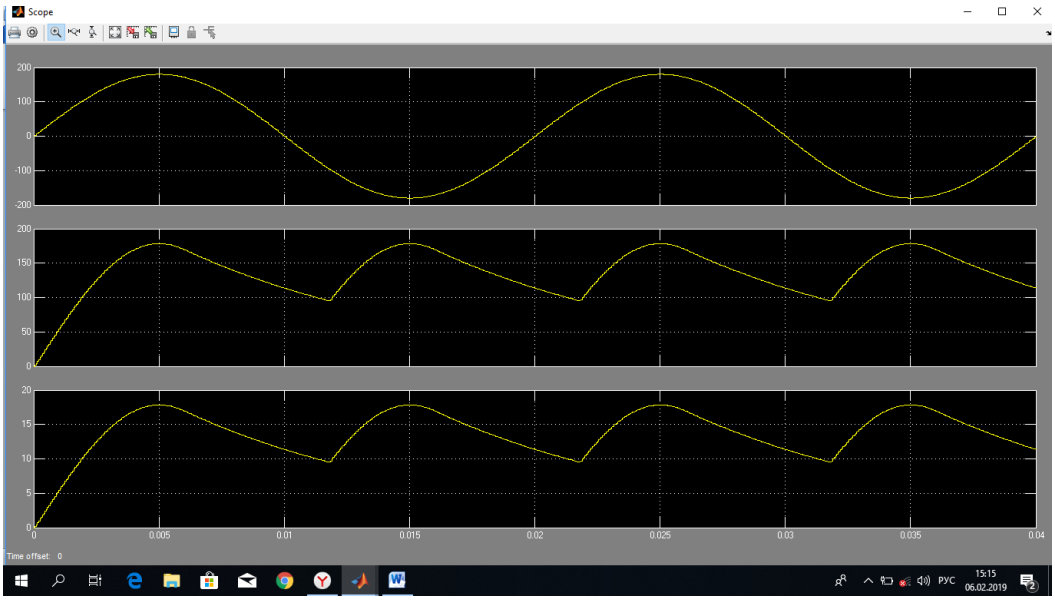


1-сурет. Инверторлық кернеу стабилизаторының жұмыс принципі

Желі кернеуі түзеткішке келіп түседі. Түзеткіш айнымалы токты тұрақты токқа түрлендіреді. Қарапайым түзеткіштің жұмыс істеу принципі диодтың бір бағытта ғана ток өткізу қасиетін пайдаланады. Түзеткіш төрт диодтан құралған сұлбаны білдіреді. Диодтық көпір арқылы екі жартытолқын ла сұлбаға түседі, бірақ теріс жартытолқын аударылған күйінде болады. Мұндай ток пульсацияланған болып табылады. Кернеудің пульсация шамасын азайту үшін тегістеуші сүзгі – С конденсатор тізбекке қосылады.

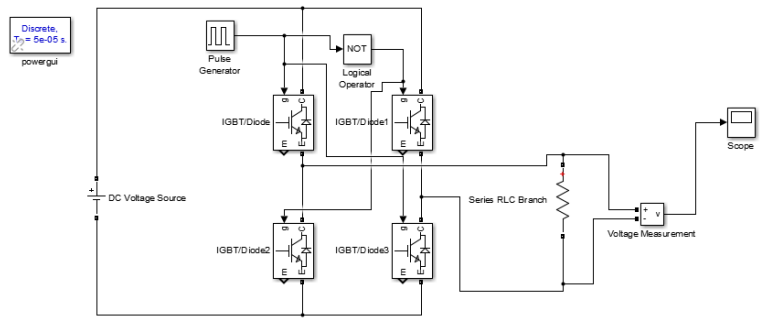


2-сурет. Матлаб бағдарламасында жүзеге асырылған түзеткіш сұлбасы

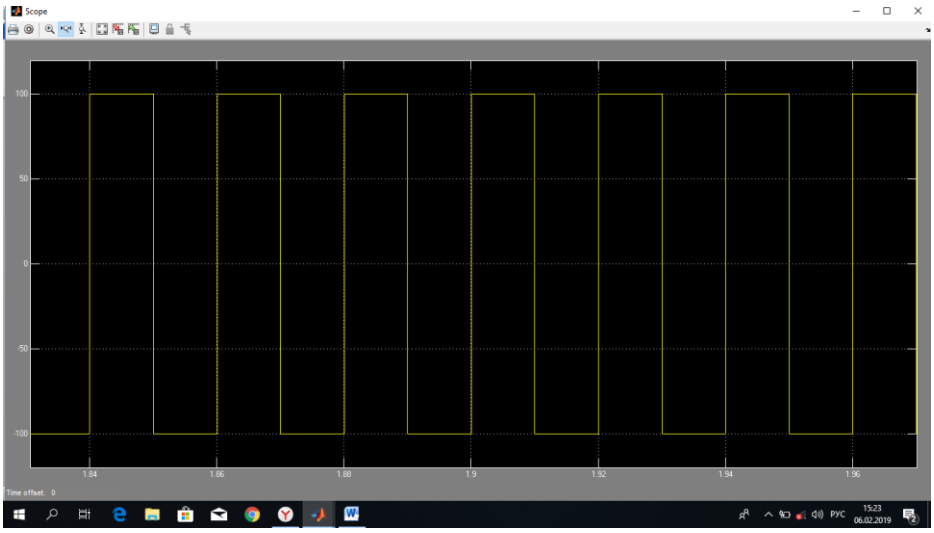


3-сурет. Түзеткіштің шығыс кернеуінің графигі

Содан кейін энергия инверторға келіп түседі. Инвертор деп тұрақты кернеу көзі қосылғанда айнымалы кернеу тудыратын сұлба немесе жүйе. Яғни инверсия – түзетуге кері үрдіс. Түзеткіштер айнымалы кернеуді тұрақтыға айналдырса, инверторлар тұрақты кернеуді айнымалы түріне айналдырады.



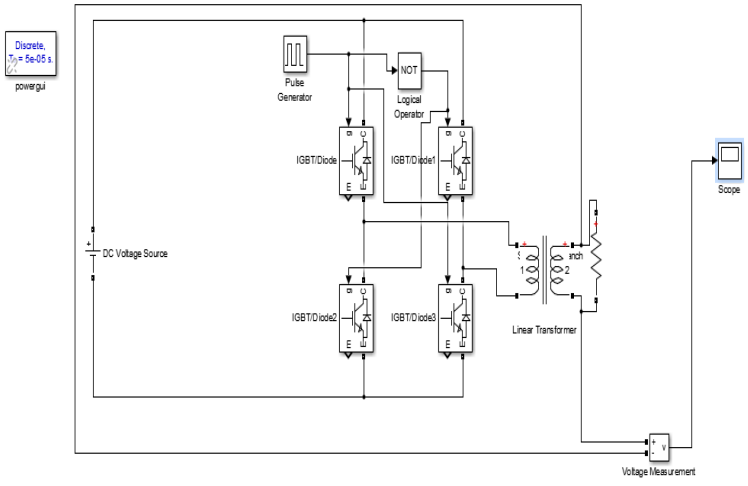
4-сурет. Инвертордың матлаб бағдарламасындағы моделі



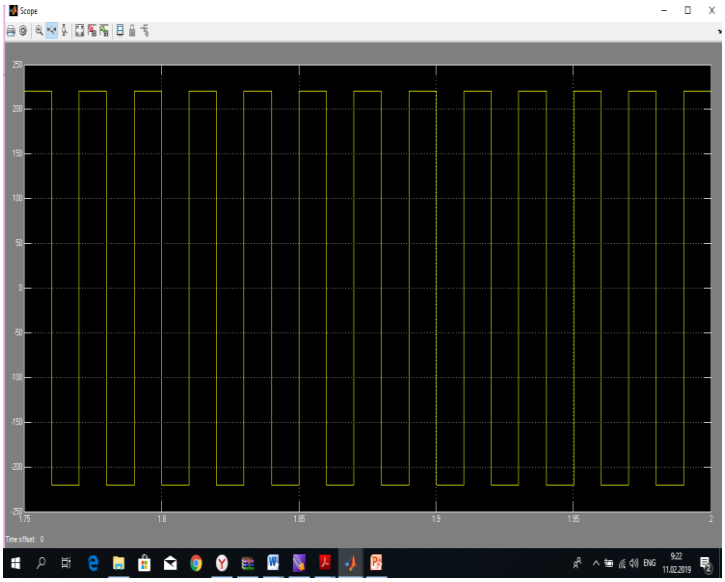
5-сурет. Инвертордың шығысындағы кернеу графигі

Осы екі түрлендіру сатысының және инверторлардың болуына байланысты бұл стабилизаторлар «инверторлық» немесе «екілік түрленім стабилизаторлары» деп аталады.

Инвертордың шығысында пайда болған кернеу трансформатор құрылғысына келеді. Трансформатор – бір кернеудегі айнымалы токты сол жиіліктегі басқа кернеудегі айнымалы токқа түрлендіруге арналған электромагниттік құрылғы. Оның көмегімен шығыста 220 Вольт жұмыстық кернеуге қол жеткізуге болады.



6-сурет. Матлаб бағдарламасында трансформатордың қосылуы



8-сурет. Трансформатор шығысындағы кернеу графигі

Инверторлық кернеу стабилизаторларының техникалық сипаттамаларын басқа типтегі стабилизатор сипаттамаларымен салыстыру барысында, олардың келесідей артықшылықтары анықталды:

- Желілік кернеудің үлкен диапазонында жұмыс істей алу қабілеті;
- Тұрақтандырудың жоғары дәлдігі;
- Шығыспараметрлердің дәлдігі;
- Импульстік бөгеуілдерді толық жоюы;
- Құрылғының шағындығы.

ҚОРЫТЫНДЫ

Стабилизатордың электронды сұлбасы кіріс кернеудің ауытқымалы шамасында дұрыс жұмыс істеуге мүкіндік береді, өте жақсы шығыс сипаттамалармен қамтамасыз етеді.

Инверторлық кернеу стабилизаторлары танымалдығы жағынан біртіндеп алдыңғы орынға шығуда. Олар өте сенімді, шағын, шығыс кернеудің идеал сипаттамларын қамтамасыз ете алады және механикалық бөлшектері жоқ. Бірыңғай жоғары параметрлерінің арқасында инверторлық кернеу стабилизаторы кез келген тұрмыстық және мекемелік техниканың қоректеніу үшін таптырмса құрылғы болып саналады. Инверторлық кернеу стабилизаторының техникалық сипаттамалары– бұл құрылғы құрамында күштік трансформаторлар және электромагниттік релелер қолданылмайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] О.К. Березин. В.Г. Костиков. Е.М.Парфенов и др. Проектирование источников электропитания электронной аппаратуры: Оқу құралы/: Редакция В.А. Шахнова. – 3-ші басылым. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2005. – 504 б.

[2] Браун М. Источники питания. Расчет и конструирование.: – К.: “МК-Пресс”, 2005. – 288 б., ил.

[3] Москатов Е.А. Силовая электроника. Теория и конструироание. – К.: “МК-Пресс”, СПб. : “КОРОНА – ВЕК”, 2013. – 256 б., ил.

[4] Исембергенов Н.Т. Преобразователь частоты на двух транзисторах для электротехнологии.XIV Международная Конференция «Электромеханика, Электротехнологии, Электротехнические Материалы и Компоненты». Крым.- Алушта, 2012 .

[5] Сажнёв А.М., Рогулина Л.Г., Абрамов С.С. “Электропитание устройств и систем связи”: Оқу құралы/ ГОУ ВПО СибГУТИ. Новосибирск, 2008ж. – 112 б.

[6] Гейтенко Е.Н. Источники вторичного электропитания. Схемотехника и расчёт. Оқу құралы. – М., 2008. – 448 б.

Исембергенов Н.Т., Искакова А.Ж.,
Исследование инверторного стабилизатора напряжения
Резюме. В данной статье рассматривается инверторный стабилизатор напряжения, который состоит из выпрямителя, инвертора, трансформатора и преобразователя частот. Детально показаны модели выпрямителя и инвертора, разработанные на программе Matlab. Исследуемый вид стабилизатора был сравнен с другими его видами, и выявлены основные преимущества.
Ключевые слова. Стабилизатор напряжения, выпрямитель, инвертор, трансформатор, преобразователь частот.

УДК 004.94

[1]S. Israilova, [1]A. Mukhanova, [2]A. Ismailova, [1]M.Makhanov
[1]L.N.Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[2]S.Seifullin Kazakh Agricultural Technical University,
E-mail: israilova_st@mail.ru, ayagoz198302@mail.ru

INVESTIGATION OF THE BUSINESS PROCESS OF TEMPERATURE STABILIZATION OF THE COOLING ELEMENT OF A THERMOBOX USING SIMULATION

Abstract. The article presents the role of simulation in the study of the business process of temperature stabilization of the cooling element of the thermobox. The article describes the process of stabilization of the thermal regime of the cooling element of the thermobox in the form of a simulation model. In simulation, mathematical models are studied in the form of algorithms that reproduce the functioning of the system under study due to the sequential execution of a large number of elementary operations. Often these two types of simulations are used together. Assessment of the state of a complex technical object, the mathematical models of which are usually described by integral-differential equations, is based on the study of its behavior. The type of mathematical model of the object depends on the ultimate goals of monitoring. State assessment can be based on different levels of technical object representation. An essential role in the choice of the object model is played by the means by which this assessment will be carried out: the amount of information being processed, the required processing speed, etc.
Key words: simulation modeling, mathematical model, thermos box, electric motor, Peltier element, temperature, business process optimization.

ИМИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНУЫМЕН ТЕРМОБОКСТЫҢ САЛҚЫНДАТУ ЭЛЕМЕНТІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ТҰРАҚТАНДЫРУ БИЗНЕС-ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ

Андатпа. Мақалада термобокстың салқындату элементінің температурасын тұрақтандырудың бизнес-процесін зерттеудегі модельдеудің рөлі көрсетілген. Мақалада модельдеу түріндегі термобокстың салқындату элементінің жылу режимін тұрақтандыру процесі сипатталған. Модельдеуде математикалық модельдер көптеген қарапайым элементтердің дәйекті орындалуына байланысты зерттеліп отырған жүйенің жұмысын қалпына келтіретін алгоритмдер түрінде зерттеледі. Көбінесе бұл екі типтік модельдер бірге қолданылады. Әдетте интегралдық-дифференциалдық теңдеулермен сипатталатын, күрделі техникалық объектінің жағдайын бағалау оның мінез-құлқын зерттеуге негізделген. Нысанның математикалық моделінің түрі бақылаудың түпкі мақсаттарына байланысты. Мемлекеттік бағалау әртүрлі техникалық нысандарды ұсынуға негізделуі мүмкін. Нысан моделін таңдауда осы бағалау жүргізілетін құралдар маңызды рөл атқарады: өңделетін ақпараттың көлемі, өңдеудің қажетті жылдамдығы және т.б.
Кілтті сөздер: модельдеу, математикалық модель, термос қорабы, электрқозғалтқышы, Peltierэлементі, температура, бизнес-процестіоңтайландыру.

Введение. Под имитационным моделированием обычно понимается сложная компьютерная программа, которая может быть реализована на компьютере или наборе взаимодействующих электронных компьютеров, реализующих абстрактную имитационную модель определенной системы. В настоящее время методы имитационного моделирования получили настолько широкое распространение, что практически нет области науки, где бы эти методы не нашли своего применения. Имитационное моделирование стало одним из самых эффективных инструментов математического моделирования и используется при решении широкого круга естественнонаучных и технических задач. Эксперимент имитационного моделирования в программных приложениях в настоящее время является одним из основных методов исследования сложных систем и физических процессов. Имитационное моделирование как инструмент моделирования сложных систем имеет ряд преимуществ по сравнению

с реальным экспериментом. Например, имитационное моделирование широко используется в тех случаях, когда реальные эксперименты затруднены или даже невозможны из-за финансовых или физических препятствий или могут дать непредсказуемые результаты. Логика и формальность компьютерных моделей позволяют определить основные факторы, определяющие свойства изучаемого объекта исследования. В частности, благодаря имитационному моделированию можно изучать поведение системы (объекта исследования), изменять начальные условия и параметры моделирования; появление тревожных воздействий [1].

Построение имитационной модели основано на абстрагировании от специфики явлений или изучаемого объекта. Он состоит из двух этапов: первый этап - это создание качественной модели, а второй - создание количественной модели. Чем больше свойств из исследуемого физического объекта будет идентифицировано и перенесено в имитационную модель, тем больше она будет приближена к реальной модели, и, соответственно, система, использующая эту модель, сможет иметь большие возможности.

Стоит отметить, что в компьютерном моделировании существует два типа моделирования: аналитическое моделирование и имитационное моделирование. При аналитическом моделировании математические модели реального объекта изучаются в виде алгебраических, дифференциальных и других уравнений, а также предусматривается реализация вычислительной процедуры, приводящей к точному решению этих уравнений. При имитационном моделировании математические модели изучаются в виде алгоритмов, воспроизводящих функционирование исследуемой системы за счет последовательного выполнения большого количества элементарных операций. Часто эти два типа моделирования используются вместе.

Для задач предварительной оценки состояния сложного технического объекта предпочтительнее использовать упрощенные модели технического объекта, которые строятся на основе приближенных функциональных зависимостей между переменными объекта, полученных как в результате упрощения сложных математических соотношений, которые являются решениями интегральных -дифференциальные уравнения, а также в результате выявления и анализа экспертных и экспериментальных данных. Этой оценки часто бывает достаточно для прогнозирования и предотвращения чрезвычайных ситуаций [3].

В данной статье в качестве технического объекта исследования мы рассмотрим бизнес-процесс стабилизации температуры охлаждающего элемента термоса.

Бизнес-процесс термостабилизации охлаждающего элемента термоса представляет собой комбинацию вентилятора корпуса и радиатора. Модуль Пельтье TEC1-12706 используется как охлаждающий элемент термоса. Радиатор прикреплен к элементу Пельтье термопастой с хорошей теплопроводностью (рис. 1).

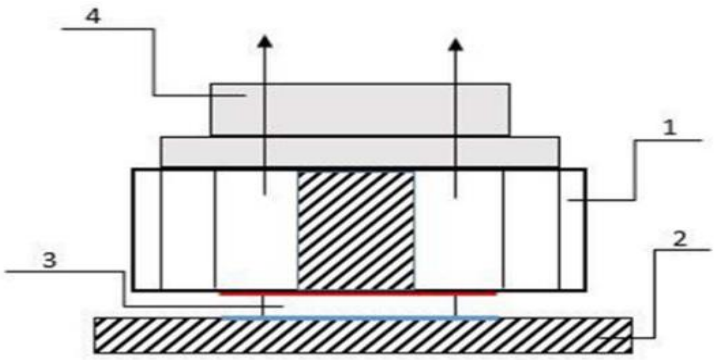


Рис. 1. Элемент Пельтье с активным охлаждением:
1-радиатор, 2- алюминиевый стержень, 3-Пельтье элемент
(красная линия – нагревающаяся сторона, синяя – охлаждающая), 4-вентилятор

Модуль Пельтье представляет собой термопреобразователь, который работает по принципу обратного действия термопары, т.е. принцип действия элемента Пельтье заключается в выделении или поглощении тепла в момент контакта различных материалов при прохождении через него тока.

Основная проблема работы элементов Пельтье заключается в том, что свободные электроны в веществе одновременно являются переносчиками как электрического тока, так и тепла.

Соответственно, в процессе работы нагревательная сторона элемента должна иметь качественный теплоотвод, иначе может быстро прогреться весь элемент, что приведет к выходу последнего из строя [4].

Стрелки на схеме (рис. 1) показывают направление отвода тепла. Качество и точность работы системы охлаждения греющей стороны элемента Пельтье определяется динамикой вентилятора, в связи с этим большую роль в таких системах играет электровентилятор. Для систем управления тепловыми процессами характерно не учитывать динамические особенности исполнительных подсистем, поскольку инерционность тепловых процессов значительно больше. Другими словами, все события, происходящие в исполнительной подсистеме системы стабилизации температуры, будут совершенно незаметны на фоне динамики нагрева или охлаждения какого-либо помещения. Однако для случая, рассматриваемого в этой статье, это не так, потому что время, необходимое для перегрева стороны нагрева элемента Пельтье, может составлять секунды. Исходя из этого, динамика системы охлаждения в термосе будет зависеть как от динамики тепловых процессов, связанных с элементом Пельтье, так и от динамических характеристик используемого электродвигателя [5].

Допустим, что основой рассматриваемой электромеханической системы является электродвигатель 7015-С. Математическая модель двигателя постоянного тока с коллекторным управлением описывается следующей системой уравнений:

$$U - C_e : \omega = L\frac{di}{dt} + R_i$$

$$C_m i = J\frac{d\omega}{dt} + M_c$$

где U - напряжение, приложенное к коллектору двигателя; i - ток, потребляемый двигателем; R, L - параметры электрической части двигателя; J (параметр, описывающий инерционные свойства якоря двигателя) - приведенный момент инерции всех вращающихся масс; ω - скорость вращения якоря двигателя; $M_c = \mu\omega 2$ - приложенный внешний момент лобового сопротивления, имеющий аэродинамический характер с μ = 1,1 * 10-7; cmi, ce - механические и электрические постоянные двигателя. Как известно, динамика тепловых процессов в этом отношении носит ярко выраженный апериодический характер; термодинамические параметры рассматриваемой модели описываются следующим дифференциальным уравнением [5]:

$$T\frac{d\theta}{dt} + \theta = N_1 - N_2$$

где θ - текущая температура; N1 - мощность источника (постоянное значение, показывающее, сколько тепла получает горячая сторона элемента Пельтье во время работы); N2 - мощность стока (значение, показывающее, сколько тепла вентилятор отводит от элемента Пельтье в данном случае, это функция угловой скорости: N2 = f (ω); T - постоянная времени элемента Пельтье, полученная опытным путем и равна 2,85 с. [6]. Тогда система уравнений примет вид:

$$\frac{d\theta}{dt} = \frac{N_1}{T}e^{-\propto\omega} - \frac{\theta}{T}$$

$$\frac{di}{dt} = \frac{U}{L} - \frac{c_e\,\omega}{L} - \frac{R_i}{L}$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{c_m i}{J} - \frac{M_c}{J}$$

Используя паспортные и расчетные данные, перепишем систему уравнения следующим образом [9]:

$$\frac{dx_{i1}}{dt} = -a_{11}x_1 + a_{12}e^{-\alpha x_2}$$

$$\frac{dx_2}{dt} = -a_{22}x_2^2 + a_{23}x_3$$

$$\frac{dx_3}{dt} = -a_{32}x_2 - a_{33}x_3 + bU$$

где$\theta = x_1$; $\omega = x_2$; $i = x_3$; $a_{11} = \frac{1}{2.95} = 0.35$; $a_{12} = \frac{N_i}{T} = 223.58$; $a_{32} = \frac{N_i}{T} = \frac{223.58}{2.95} = 78.45$;$a_{22} = \frac{N_i}{T} = \frac{223.58}{2.95} = 78.45$

Численный анализ полученной математической модели будет происходить в среде графического моделирования Simulink, программном пакете MATLAB [7].

Полученная система уравнений (1) соответствует следующей имитационной

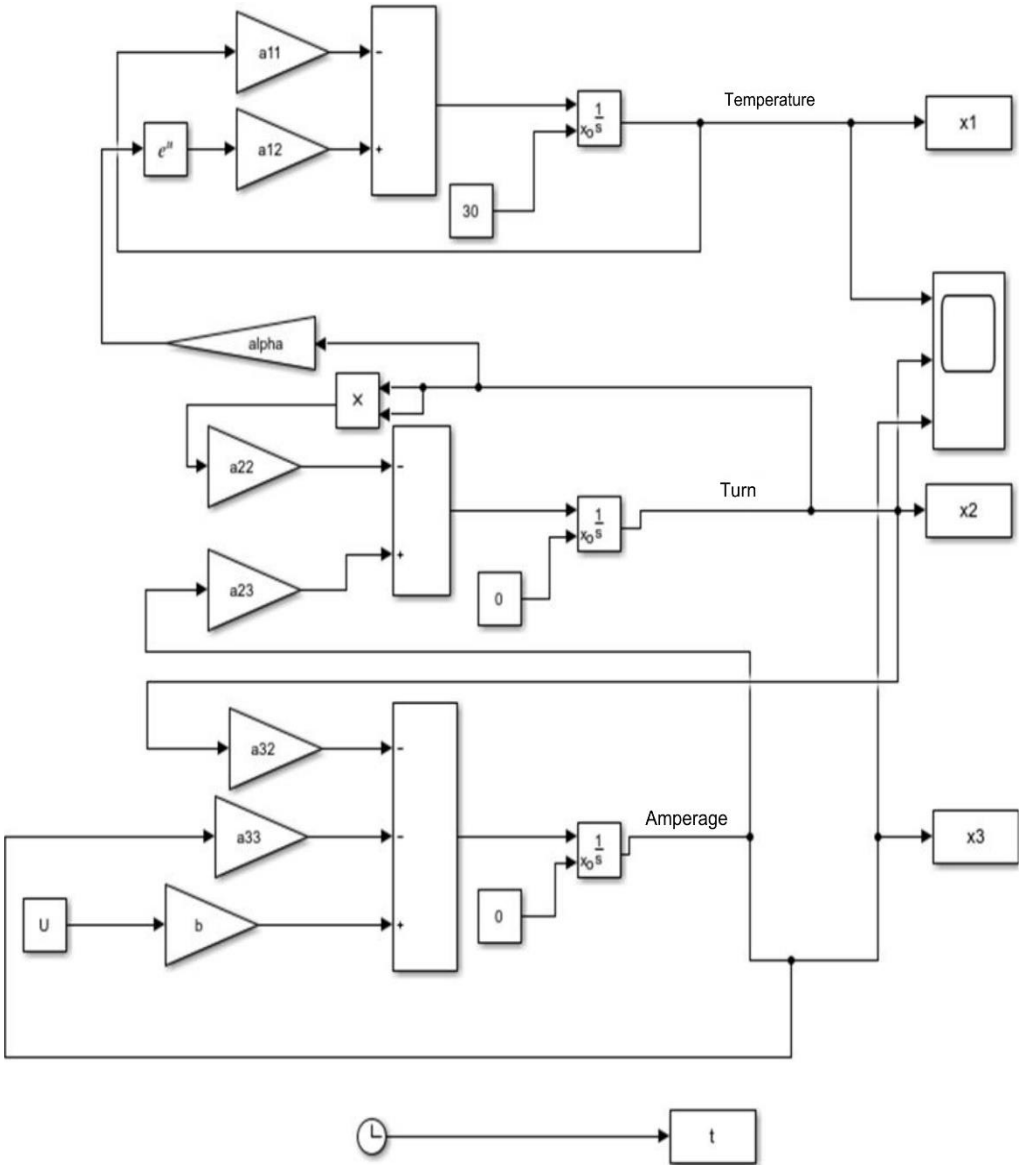


Рис. 3. Имитационная модель эксперимента

Исследование бизнес-процессов для оптимизации - сложная и ресурсоемкая задача, требующая профессиональной подготовки. Одним из концептуальных аспектов моделирования является выбор методологической и инструментальной платформ. В современной управленческой практике для оценки эффективности бизнес-процессов используются различные индикаторы. К внешним (выходным) показателям относятся активность бизнес-процесса, стоимость (затраты) бизнес-процесса, его продолжительность и качество результата. Внутренние индикаторы включают такие индикаторы, как организационная фрагментация, внутреннее качество бизнес-процесса, фрагментация информации, количество результатов и т. д.

REFERENCES

[1] ZhantasovaZh.Z. Development and research of methods, models, and tools for ensuring the integrity of information in computer systems. Almaty, 2005.

[2] Industry simulation model of the production and sale of petroleum products. Shukayev D.N., Lamasheva Z.B. ARPN/Journal of Engineering and Applied Sciences. Volume 10, Issue 22, 2015, Pages 1041-1045.

[3] P-completions of lattices and its applications to formal concept analyses. Satekbayeva A.Z., Basheyeva A., Nurakanova A.M., Tussupov J. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. Volume8, Issue 1, 2014, Pages 199-202.

[4] On the existential interpretability of structures. Morozov A.S., Satekbayeva A.Z., Tussupov J.A. Siberian Electronic Mathematical Reports. Volume 11, 2014, Pages 557-566.

[5] Simulation analysis of resource allocation problems with time varying parameters. Shukayev D.N., Yergaliyeva N.O., LamashevaZh.B. Proceedings of the Romanian Academy Series A – Mathematics Physics Technical Sciences Information Science 17 (1). P. 76-83.

[6] Samara A. A., Mikhailov A. P. Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples. - Moscow: Fizmatlit, 2001. P. 320.

[7] Boev V. D., Sypchenko R. P. Computer modeling. - Moscow: Internet University of Information Technologies, 2010. P. 350.

[8] Zhoga L. V., Bakulin P. A., Koreneva V. V., Zhoga V. V. Polarization noise in ferroelectrics. Computer simulation // Engineering Bulletin of the don, 2017, no. 4. P. 74-79.

[9] Klevtsov S. I., Radchenko S. A., Klevtsova A. B. Features of assessing the state of a technical object using cognitive modeling tools. Proceedings of the southern Federal University. Technical science. - Rostov-on-don: SFU, 2005, no. 1(45). P. 67 – 70.

[10] Lapshin V. P., Turkin I. A. Influence of the properties of the spindle servo drive on the dynamics of drilling deep holes of small diameter //Bulletin of the don state technical University. – 2013. – №. 5-6 (74). P. 125-130.

[11] Kaplya V. I., Burtsev A. G., Andrianov S. A., Soboleva E. K. Calculation of the operating mode of the Peltier element used as a cooler in the air sample drying module // Engineering Bulletin of the don, 2017, no. 2. P. 98-103.

Исследование бизнес-процесса температурной стабилизации охлаждающего элемента термобокса с помощью имитационного моделирования

Резюме. В статье представлена роль имитационного моделирования в исследовании бизнес-процесса температурной стабилизации охлаждающего элемента термобокса. В статье описывается процесс стабилизации теплового режима охлаждающего элемента термобокса в виде имитационной модели. При имитационном моделировании математические модели изучаются в виде алгоритмов, воспроизводящих функционирование исследуемой системы за счет последовательного выполнения большого количества элементарных операций. Часто эти два типа моделирования используются вместе. Оценка состояния сложного технического объекта, математические модели которого обычно описываются интегрально-дифференциальными уравнениями, основана на изучении его поведения. Тип математической модели объекта зависит от конечных целей мониторинга. Оценка состояния может основываться на разных уровнях представления технического объекта. Существенную роль в выборе модели объекта играют средства, с помощью которых будет проводиться эта оценка: объем обрабатываемой информации, требуемая скорость обработки и т. д.

Ключевые слова: имитационное моделирование, математическая модель, термос, электродвигатель, элемент Пельтье, температура, оптимизация бизнес-процессов.

ӘОЖ 67.15. 55

[1]Ye. Kocherov, [1]G. Makulbekova, [1]G. Kenzhalieva, [1]A. Mamitova, [2]A. Begimbetova.
([1]M.Auezov South-Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan.
E-mail: erkebulan083@mail.ru
[2]Almaty University of Energy and Communications named after Gumarbek Daukeev
Almaty, Kazakhstan)

THE INFLUENCE OF BROWN COAL ON THE SWELLING OF KYNGYRAK-KELES BENTONITE CLAYS

Summary. The article presents the results of a study of the influence of brown coal impurities on the swelling of heat-insulating and fireproof ceramic granules. The main characteristics, the average chemical and elemental compositions of the brown coal Karazhyra, as one of the components of the starting materials, the chemical composition

of the ash, and the results of electron microscopic studies are determined. The results of a study of the process of joint heat treatment of bentonite clays and brown coal in laboratory conditions are presented. Changes in the coefficient of expansion and bulk density of samples of granular granules depending on the firing temperature are estimated. It has been revealed that brown coals may be suitable as an intensifier for the expansion of bentonite clays of the Kyngrak-Keles deposit.

Key words: thermal insulation, fireproof, granite, deposit, expansion coefficient, clay, brown coal, bulk mass, research.

[1]Е.Н. Кочеров, [1]Г.О. Мақұлбекова, [1]Г.Д. Кенжалиева, [1]А.Д. Мамитова, [2]А.С. Бегимбетова
([1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан
*E-mail: erkebulan083@mail.ru
[2]Алматы энергетика және байланыс университеті Ғұмарбек Дәукеев атындағы, Алматы, Қазақстан)

ҚЫҢҒЫРАҚ-КЕЛЕС БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫНЫҢ КЕУЕКТЕНУІНЕ ҚОҢЫР КӨМІРДІҢ ЫҚПАЛЫ

Түйіндеме. Мақалада жылу оқшаулауыш және өрт қауіпсіз керамогрануляттардың кеуектену коэффициентіне қоңыр көмір қоспасының ықпалы зерттеу нәтижелері келтірілген. Бастапқы шикізат компоненттерінің бірі ретінде Қаражыра қоңыр көмірінің негізгі сипаттамалары, орташа химиялық және элементтік құрамы, күлінің химиялық құрамы, сонымен қатар электронды-микроскопиялық зерттеу нәтижелері келтірілген. Зертханалық шарттарда бентонитті сазды шикізат пен қоңыр көмірдің берліген қатынаста біріккен термиялық өңдеу үрдісін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Үлгілі керамогрануляттардың кеуектену коэффициентіне және көлемдік массасына қоңыр көмірдің температураға тәуелді әсері бағаланған. Қаражыра қоңыр көмірі Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары кеуектенуінің интенсификаторы ретінде қолданылу мүмкіндігін анықталды.

Кілітті сөздер: жылуоқшаулау, өрт қауіпсіз, керамогранулят, кенорны, кеуектену коэффициенті, саз, қоңыр көмір, көлемдік масса, зерттеу.

Кіріспе. Саз - өркениеттің дамуының алғашқы кезеңдерінде игерген алғашқы құрылыс материалдарының бірі. Біздің таңқаларлық жайт, бүгінгі таңда жоғары технологиялар дәуірінде біз осы шөгінді тау жынысына негізделген өнімдерді сәтті қолданудамыз.

Жақында құрылыс индустриясында ғимараттардың құрылысында да, қолданыстағы ғимараттарды жылулық оқшаулауда да белсенді қолданылатын өзге сазды материал пайда болды.

Барлық қауіпті кластардағы өнеркәсіптік қалдықтардың жалпы көлемінің, әдетте, аз бөлігі ғана өңделеді, қалғаны полигондарда, көмілген жерлерде, шлам жинайтын жерлерде, қоқыстарда және табиғи ортаны ластауда қалады. Өткен жылдары жинақталған осындай «мұрадан» қалай арылуға болады, бүгінде пайда болатын қауіпті қалдықтарды қалай жою керек? Мұнда жерасты түзілімдерінен бастап ғарышқа жіберуге дейінгі көптеген терең идеялар бар. Дегенмен, практиктер үшін фантастикалық жобалар емес, нақты жұмыс істейтін технологиялар құнды.

Керамогрануляттар өндірісі үшін шикізат ретінде түрлі таулы жыныстардың жарамдылығы, олардың күйдіру кезіндегі кеуектену дәрежесімен және керамогрануляттардың тығыздығымен анықталады.

Күйдіру кезінде шикізат көлемінің артуы кеуектену коэффициентімен бағаланады, ол өз кезегінде керамогранулят көлемінің бастапқы құрғақ шикізат көлеміне қатынасымен өрнектеледі.

Кеуектену коэффициенті бойынша сазды шикізаттар әлсіз кеуектенетін ($К_к$ < 2,5), орташа кеуектенетін ($К_к$ = 2,5-4,5), жақсы кеуектенетін ($К_к$ > 4,5) болып бөлінеді.

Тәжірибелік бөлім. Зертханалық зерттеулер барысында Қаражыра қоңыр көмірі қолданылды және оның негізгі сипаттамалары 1 кестеде келтірілген.

Метаморфталу дәрежесі бойынша қоңыр көмір тас көмір аралығында; күлділігі 14 – 19%, аз күкіртті (0,48%). Жанғыш массаның жылу бөлгіштігі 7,5 мың ккал/кг, гумин қышқылдарының шығымы 1 – 4,7%, шайырдың мөлшері 5,9 – 12,55%. Көмірдің күлі титанға (TiO_2 – 1,2%), скандийге (46 – 95 г/т), иттрийге (66 – 79 г/т), бериллийге (10 – 50 г/т), мысқа (100 – 300 г/т), т.б. қоспа элементтерге бай. Кен орны толық зерттелмеген.

Қаражыра кен орны қоңыр көмірінің негізгі физикалық сипаттамалары 1 кестеде келтірілген.

1-кесте. **Қаражыра кен орны қоңыр көмірінің негізгі сипаттамалары**

№	Көрсеткіштері	Өлшем бірлігі	Индекс	Орташа мәні
1	Жалпы ылғалдылық	%	W_t^r	14,0
2	Аналитикалық ылғалдылық	%	W^a	5,9
3	Күлділігі	%	A^d	18,0
4	Ұшқыш заттардың шығымы	%	V^{daf}	47,0
5	Жоғары жану жылуы	ккал/кг	Q_s^{daf}	7280
6	Төменгі жану жылуы	ккал/кг	Q_i^r	4800
7	Деформациялануның басталу темпетаурасы	°С	t_A	1200
8	Балқу температурасы	°С	t_B	1500
9	Сұйық балқымалы күйінің температурасы	°С	t_C	>1500
10	Ұсақталу индексі		$К_{ло}^{ВТИ}$	1,06
11	Кесектерінің өлшемі	мм		0-25

Қаражыра кен орны қоңыр көмірінің орташа химиялық құрамы 2 кестеде келтірілген.

2-кесте. **Қаражыра кен орны қоңыр көмірінің орташа химиялық құрамы**

S	C	H	N	O	P
0,66	75,5	5,3	1,7	16,8	0,04

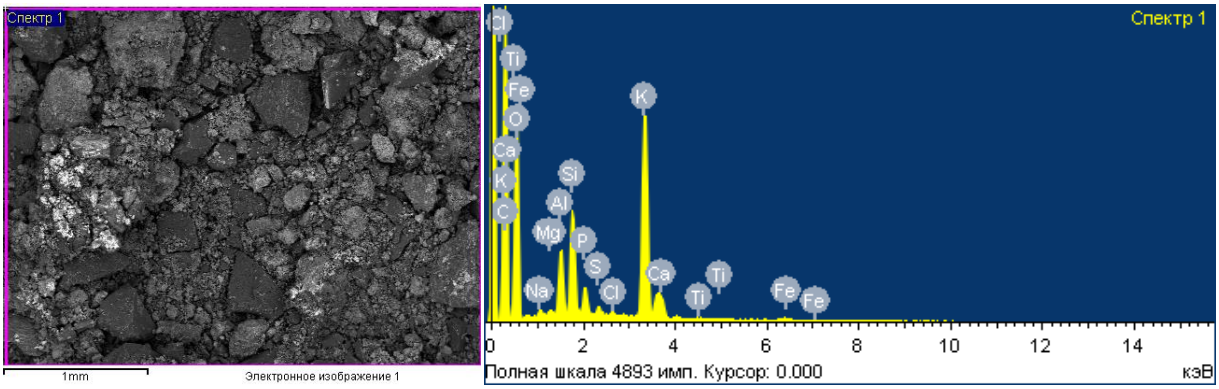
Қаражыра қоңыр көмірі күлінің химиялық құрамы 3 кестеде келтірілген.

3-кесте. **Қаражыра қоңыр көмірі күлінің химиялық құрамы**

Компонент	Мөлшері, %	Компонент	Мөлшері, %
K_2O	1,35	Fe_2O_3	8,9
Na_2O	2,10	CaO	4,8
SiO_2	50,7	MgO	2,95
Al_2O_3	27,2	P_2O_5	0,47
SO_3	2,81	TiO_2	1,19

Қаражыра қоңыр көмірін электронды микроскопиялық зерттеу нәтижелері 1 суретте келтірілген.

Химиялық элементтік құрамы келесідей, %: C – 48,71; O – 35,66; Na – 0,34; Mg – 0,17; Al – 1,65; Si – 0,22; P – 0,84; S – 0,22; Cl – 0,10; K – 8,57; Ca – 0,75; Ti – 0,09; Fe – 0,23.



1-сурет. Қаражыра қоңыр көмірінің микроскопиялық кескіні және элементтік құрамы

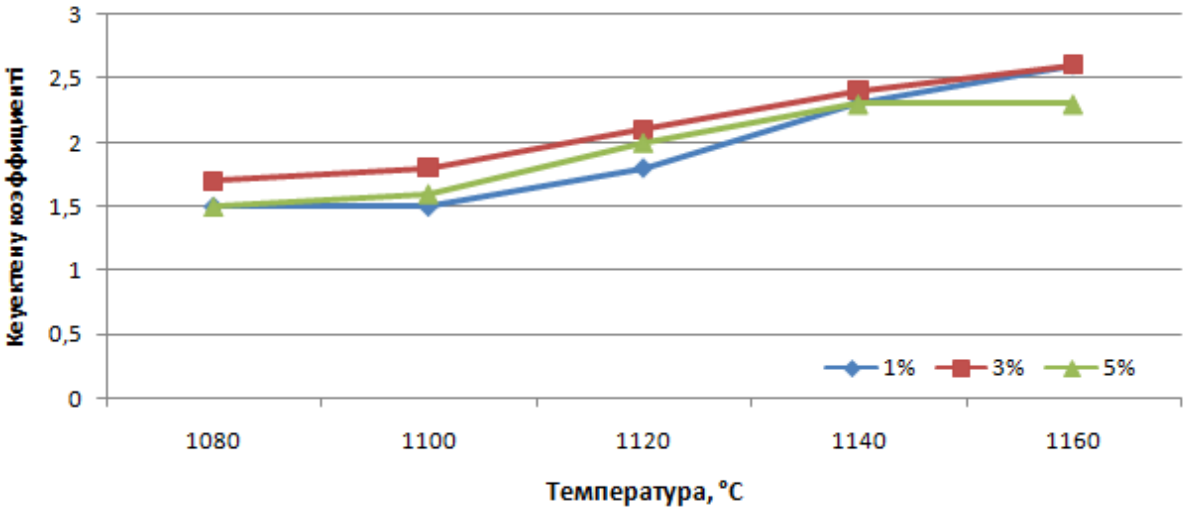
Қыңғырақ-Келес бентонитті саздарының химиялық, минералогиялық және гранулометриялық құрамдары, сонымен қатар негізгі физика-механикалық және жылутехникалық қасиеттері [1-3] жұмыстарда толығымен зерттелген.

Қоңыр көмірді ұнтақтағаннан кейін №1 елек арқылып елеп, саз ұнтақтарымен араластырылды. Бастапқы шихта материалдары 30% дейін сумен ылғалдандырылды. Шихта массасына қоңыр көмір 1, 3 және 5% көлемде қосылып дайындалды .

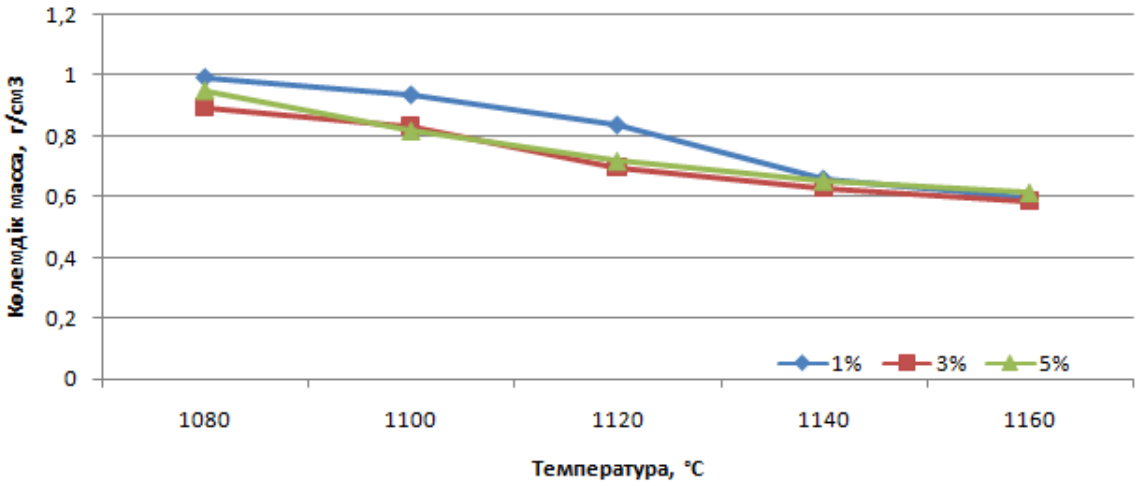
Нәтижелер. 1080-1160°С температуралар аралығында күйдірілген керамогранулыттарды сынау нәтижелері 4 кестеде және 2-3 суреттерде келтірілген.

4-кесте. **Қоңыр көмір қосылған Қыңғырақ-Келес бентонит саздары негізінде алынған керамогранулыттардың физика-механикалық көрсеткіштері**

Күйдіру температурасы, ^{0}С	Кеуектену коэффициенті	Көлемдік массасы, г/см^3	Ылғал-сіңірімділігі, %	Жалпы (шынайы) кеуектілігі, көлем, %	Жұқтамалы кеуектілігі, көлем, %	Жабық кеуектілігі, көлем, %
1% қоңыр көмір						
1080	1,5	0,994	6,1	61,0	6,1	54,9
1100	1,6	0,937	6,4	63,3	6,0	57,3
1120	1,8	0,838	6,6	67,2	5,5	61,7
1140	2,3	0,660	6,1	74,2	4,0	70,2
1160	2,6	0,596	6,2	76,6	3,7	72,9
3% қоңыр көмір						
1080	1,7	0,896	10,5	64,9	9,3	55,6
1100	1,8	0,833	9,9	67,4	8,3	59,1
1120	2,1	0,698	10,5	72,6	7,3	65,3
1140	2,4	0,630	12,5	75,3	7,8	67,5
1160	2,6	0,586	12,3	77,0	7,1	69,9
5% қоңыр көмір						
1080	1,5	0,950	10,2	62,8	9,8	53,0
1100	1,6	0,817	10,5	68,0	8,6	59,4
1120	2,0	0,717	11,3	71,9	8,3	63,6
1140	2,3	0,652	13,8	74,4	9,1	65,3
1160	2,3	0,613	14,0	75,2	8,8	66,4



2-сурет. Қоңыр көмір қоспасы бар керамогранулыттың күйдіру температурасына тәуелді кеуектену коэффициентінің өзгеруі



3-сурет. Қоңыр көмір қоспасы бар керамогранулятты күйдіру температурасына тәуелді көлемдік массасының өзгеруі

Кесте және суреттерде келтірілген мәліметтер көрсеткендей, түрлі қатынастағы қоңыр көмір қоспасы саздың кеуектенуін интенсификациялауға мүмкіндік береді.

Тұжырым. 1080-1160°С температурада күйдіру кезіндегі кеуектену коэффициенті 1,5-2,6 аралығында болды, аталған шарттардағы қоспасыз саздың кеуектену коэффициенті 1,5 аспайды. Қоңыр көмір қоспасы бар грануляттардың көлемдік массасы 1-0,6 г/см^3 аралығында болса, қоспасыз гранулят – 1,1-1,0 г/см^3.

1080-1140°С температуралар аралығында кеуектену коэффициентінің, сонымен қатар көлемдік массасының өзгеру сипаты түзу сызықты өзгеріске жақын. Қисықтардың айтарлықтай өзгеруі 1140°С температура кезінде байқалады, одан жоғары температурада кеуектену қарқындылығы төмендейді.

Керамогранулятты себілу тығыздығына 1140°С және одан жоғары температурада күйдіру кезінде қол жеткізуге болады. 1% көмір қосылған масса грануляттары, 3 және 5% қоспалы масса грануляттарының көлемдік массасынан айтарлықтай төмен.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Макулбекова Г.О., Тұрғын Э.Р., Кочеров Е.Н., Кенжалиева Г.Д. Қыңғырақ-Келес бентонитті саздарын электронды-микроскопиялық және рентгенді-фазалық талдау. Materials of the XV ISPC Areas of scientific thought -2019. Volume 8. Sheffield. Science and education LTD. 2019. p.16-21.

[2] Жакипбаев Б.Е., Калдыбаев А.Б., Кочеров Е.Н. Сырьевая база Южного Казахстана для получения высокопрочных теплоизоляционных керамзитовых окатышей. Наука и Мир. 2014. № 8 (12). С. 44-46. (импакт-фактор 0,325; Global Impact Factor 2013, Австралия).

[3] Makulbekova G.O., Kambarova N.A., Sultanmurat K.S., Kocherov Ye.N. To the question of the use of the south-kazakhstan light-floating clays of montmorillonite and colloidal composition for obtaining heat-insulating and fire-safety ceramsite granules. Proceesing V International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2018, Volume I. M. Auezov South Kazakhstan State University. Shymkent, Kazakhstan November 28, 2018. –P.229-232.

Кочеров Е.Н., Макулбекова Г.О., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.

Влияние бурого угля на вспучиваемость Кынгырак-Келесских бентонитовых глин

Резюме. В статье приведены результаты исследования влияния примеси бурых углей на вспучиваемость теплоизоляционных и пожаробезопасных керамогранулятов. Определены основные характеристики, средний химический и элементный составы бурого угля Каражыра, как один из компонентов исходных материалов, химический состав золы, а также приведены результаты электронно-микроскопических исследований. Приведены результаты исследования процесса совместной термической обработки бентонитовых глин и бурого угля в лабораторных условиях. Оценены изменения коэффициента вспучивания и объемной массы образцов керамогранулятов в зависимости от температуры обжига. Выявлено, что бурые угли могут быть пригодны в качестве интенсификатора вспучивания бентонитовых глин Кынграк-Келесского месторождения.

Ключевые слова: теплоизоляция, пожаробезопасный, керамогранулят, месторождение, коэффициент вспучивания, глина, бурый уголь, объемная масса, исследование.

УДК 625.1 (075.8)
81.93.29

B.A. Kazangapova
(Kazakh Academy of Transport and Communications named after
M. Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan, kbayana@mail.ru)

COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT INFORMATION SYSTEMS TO ENSURE INFORMATION SECURITY OF COMPANIES

Abstract: Ensuring information security is an important task for any organization, since the quality and efficiency of making technical decisions and the effectiveness of their implementation largely depend on maintaining confidentiality, integrity and accessibility of information resources. The state, regulating relations in the information sphere, is not able to fully cope with the task of ensuring the security of all subjects of information relations, is unambiguously responsible only for the protection of information constituting a state secret. Therefore, under the conditions of various forms of ownership, the task of ensuring information security lies entirely with the entrepreneurs, heads of organizations, and various commercial structures.

The article is devoted to the actual problem of ensuring information security today. In this connection, a comparative analysis of risk analysis tools of some AIS (CRAMM, RiskWatc, Digital Security) was carried out in order to assess the measurement of possible damage from the implementation of threats to the organization's IP.

Keywords: analysis, audit, method, methodology, information security, information system, risks, threats.

Ensuring information security is an important task for any organization, since the quality and efficiency of making technical decisions and the effectiveness of their implementation depend on maintaining the confidentiality, integrity and availability of information resources [1].

The analysis of IS threats is carried out with the purpose of risk assessment - measuring the possible damage from the realization of threats directed at the organization's IS. In the simplest case, an assessment of two factors is used: the probability of the threat and the amount of damage from the threat. The greater is the risk, the higher is the likelihood of the threat and the severity of the consequences.

Currently risk analyzing AIS are developed and used, which allows you to automate the work of specialists in the field of FIS. Most of risk analysis and management tools are developed in accordance with ISO 17799, which is based on BS7799 [2]. Developed by C&A Systems Security Ltd, the COBRA AIS [94] formalizes and implements the process of verifying that the information security regime complies with the British standard BS7799 and carries out risk analysis. AIS contains several knowledge bases: the general requirements of BS7799 and specialized databases, focused on various applications. COBRA presents the requirements of the standard in the form of thematic "questionnaires" for individual aspects of the organization's activities, implements quantitative risk assessment methods, as well as consulting and security review tools.

CRAMM AIS developed by the UK Security Service (UK Security Service) and used as a state standard, Insight Consulting Limited implements the CRAMM risk analysis and management method [3]. The method is based on an integrated approach to risk assessment, combining quantitative and qualitative methods of analysis. The method is universal and can be used by organizations of various levels. The AIS versions which implement this method differ from each other in knowledge bases that have a commercial profile and a government profile.

The audit procedure in the CRAMM method is formalized, at each stage a large number of intermediate and resulting reports are generated. So, at the first stage, the followings are created: a resource model containing a description of resources, an assessment of resource criticality; the resulting report on the first stage of the risk analysis, which summarizes the results assigned during the survey. At the second stage, reports are generated: the results of assessing the level of threats and vulnerabilities; risk assessment results; the resulting report on the second stage of risk analysis. At the third stage, reports are generated: recommended countermeasures; detailed safety specification; valuation of recommended countermeasures; a list of countermeasures sorted according to their priorities; the resulting report on the third stage of the survey; security policy, which includes the description of security requirements, strategies and principles of IP protection; list of events on the OIB.

The advantages of the CRAMM method are: clear structure and a widely tested method of risk analysis, which allows to obtain real practical results; The CRAMM software toolkit can be used at all stages of an IS security audit; the software product is based on a voluminous knowledge base with countermeasures in the

field of information security based on the recommendations of BS 7799; flexibility and versatility of the method allows it to be used for auditing IS of any level of complexity and purpose; The method can be used as a tool for developing a business continuity plan and organization's information security policies; can be used as a means of documenting IS security mechanisms. The disadvantages of CRAMM AIS are: the use of the method requires special training and highly skilled auditors; the method is much more suitable for auditing existing ISs that are at the operation stage than for those that are at the development stage; CRAMM audit is a time consuming process and may require months of uninterrupted audit work; software toolkit method generates a large amount of paper documentation, which is not always useful in practice; the method does not allow you to create your own report templates or modify existing ones; making additions to the CRAMM knowledge base inaccessible to users, which causes difficulties in adapting this method to the needs of a particular organization [3].

The RA Software Tool AIS for risk analysis and auditing [4] is also based on British Standard BS 7799 (Part 1 and 2), the teaching materials of the British Standards Institute (BSI). AIS allows you to perform risk assessment (modules 4 and 5), both in accordance with the requirements of the base level, and with more detailed specifications BS 7799.

Risk Advisor - AIS that implements a methodology that allows you to set up an IP model from the perspective of information security, identify risks, threats, losses as a result of incidents, document the aspects related to risk management at the administrative and organizational levels. Risk assessments are given in quality scales, a detailed analysis of risk factors is not provided. The advantage of this method is the possibility of describing diverse relationships, adequately taking into account many risk factors.

RiskWatch AIS, developed by the American company RiskWatch, Inc. [4], is a tool for analyzing and managing risks and includes software for conducting various types of security audits: Risk Watch for Physical Security - for physical methods of IP protection; Risk - Watch for Information Systems for information risks; HIPAA-WATCH for Heahhcare Industry - for assessing compliance with the requirements of the HIPAA standard; RiskWatch RW17799 for ISOl7799 - to assess the requirements of ISO 17799. In the RiskWatch ANS, ALE and ROI indicators are used as criteria for assessing and managing risks. AIS uses a simplified approach to describing the information system model and risk assessment. The complexity of risk analysis using this method is relatively small. This method is suitable if it is necessary to conduct a risk analysis at the software and technical protection level, without taking into account organizational and administrative factors. It should be borne in mind that the obtained risk assessments (expectation of losses) far from exhaust the understanding of risk from systemic positions.

The advantage of RiskWatch is the flexibility of the method provided by the possibility of introducing new categories, descriptions, questions, etc., on the basis of which it is possible to create your own profiles that take into account domestic requirements in the field of information security, and develop departmental risk analysis and management techniques.

Buddy System AIS, developed by Countermeasures Corporation [4], carries out quantitative and qualitative risk analysis and contains means for generating reports. The main focus of its use is on information risks associated with physical security breaches and project management.

The most well-known Russian AIS in the field of information risk analysis is the Grif complex developed by the St. Petersburg company Digital Security, and AvanGard developed by the Institute for System Analysis of the Russian Academy of Sciences. AvanGard is an expert information security management system, which includes AvanGard Analysis, a risk analysis, and AvanGard Control, a risk management. This software package has the means to build an IP model from the perspective of information security. With its help, unlike, for example, from Risk Advisor, it is possible to build models of different levels (administrative, organizational, software and hardware, physical) and different degrees of abstraction. Risk is defined as the product of damage to the probability of risk. Baseline data — damage and probability — must be entered into the model. There is a reference database that helps the decision maker in choosing these values, but the procedure is not intentionally formalized. This approach has its advantages and disadvantages. The disadvantage is that the methodologically complex stage - the choice of values, which, moreover, should be measured in quantitative scales, is completely shifted to the analyst (user). No value verification is assumed. Another feature - the database is filled with information for a specific order. The universal version, designed for the "average" consumer is not supplied. Thus, the AvanGard ES is suitable for building departmental methods of risk analysis and management, however, this system cannot be considered for use as a universal tool for the information security analyst. A comparative analysis of some AIS are shown in Table 1.

Table 1. **Comparative analysis of risk analysis tools**

Criteria	CRAMM	RiskWatc	Vulture Digital Security
Support	Provided	Provided	Provided
Ease of work for the user	Requires special training and high qualification of the auditor	Requires special training and high qualification of the auditor	The interface is focused on the IT manager and manager, does not require special knowledge in the field of information security
The cost of one license, US dollars	From 2000 to 5000	From 10000	From 1000
System requirements	OS Windows 98 / Me / NT / 2000 / XP Free disk space 50 MB Minimum requirements 800 MHz processor frequency, 64 MB of memory Recommended Requirements 1000 MHz processor frequency, 128 MB of memory	Windows 2000 / XP OS Free disk space for installation 30 MB Intel Pentium or compatible processor, 256 MB of memory	Windows 2000WP Minimum requirements free disk space (for a disk with user data) 300 MB, 256 MB of memory • Recommended requirements: free disk space (for a disk with user data) 1 I byte, 512 MB of memory
Functionality	Input resources, value of resources, threats, system vulnerabilities, selection of adequate countermeasure Report options report on risk analysis, general risk analysis report, detailed risk analysis report	Input type of IP, basic security requirements, resources, losses, threats, vulnerabilities, protection measures, value of resources, frequency of threats, choice of countermeasures Report options brief summary, cost report protected resources and expected losses from the realization of threats, a report on threats and countermeasures, a report on the ROI report on the results of security audits	Input data resources, network equipment, information, user groups, security features, threats, vulnerabilities, choice of countermeasures Composition of the report, inventory of resources, risks by type of information, risks to resources, the ratio of 'damage and risk of information and resource, selected countermeasures, expert recommendations
Quantitative / qualitative assessment	Qualitative assessment	Qualitative assessment	Qualitative and quantitative assessments
Network solution	None	None	Corporate version of Digital Security office

To automate the FIS process, in use are automated information systems which perform risk analysis and assessment. Such AIS include COBRA, CRAMM, RA Software Tool, Risk Advisor, RiskWatch, Buddy System, Grif, AvanGard. However, the task of ensuring the information security of an organization using such systems is often difficult for several reasons. Firstly, the use of such systems requires special knowledge in the field of information security, and the situation in Kazakhstan is such that many organizations, even realizing the importance of the FIS, do not take special measures for protection. Secondly, the cost of such systems is quite high. Thirdly, most of the systems are focused on the FIS of foreign organizations and are based on Western standards, which does not allow to take into account the specifics of information systems in Kazakhstani organizations. Fourthly, the most well-known expert system Avangard, developed by the Institute of Systems Analysis of the RAS, is intended for solving information security problems of large regions and cannot be used in medium-sized organizations.

Therefore, the effectiveness of the use of expert automated systems to ensure the information security of an organization depends on taking into account the specifics of the conditions in which the system is operated.

LITERATURE

[1] Kazangapova B.A. Security systems and networks, Almaty: KazATK, 2011. - 97s.

[2] International Standard ISO / IEC FDIS 17799: 2005. Information technology - Security methods - Practical rules for managing information security.

[3] Shalabayev K.ZH., Kazangapova B.A. Information security risk analysis using the GRAMM methodology. Collection of scientific papers of undergraduates, volume 2, 2010. KazATK- pp. 169-172.

[4] www.risk-manage.ru

Казангапова Б.А.

Кәсіпорындардың ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша әртүрлі ақпараттық жүйелерді салыстырмалы талдау

Түйіндеме. Ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету кез келген ұйым үшін маңызды міндет болып табылады, өйткені ақпараттық ресурстардың құпиялылығын, тұтастығын және қол жетімділігін сақтауға көп жағдайда техникалық шешімдерді қабылдаудың сапасы мен жеделдігі, оларды іске асырудың тиімділігі тәуелді болады. Мемлекет ақпараттық саладағы қатынастарды реттей отырып, ақпараттық қатынастардың барлық субъектілерінің қауіпсіздігін қамтамасыз ету міндетімен толық көлемде күресуге қабілетті емес, тек мемлекеттік құпияны құрайтын мәліметтерді қорғауға ғана біржақты жауап бере отырып. Сондықтан әр түрлі меншік нысандары жағдайында ақпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету міндеті кәсіпкерлердің, ұйымдардың, түрлі коммерциялық құрылымдардың басшыларының мойнына толық жүктеледі.

Мақала қазіргі таңда кәсіпорындардың ақпараттық қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесіне арналған, осыған байланысты ұйымның АЖ-не жіберілген қатерлерді іске асырудан болатын ықтимал залалды өлшеуді бағалау мақсатында кейбір ААЖ (CRAMM, riskwatc, Digital Security грифі) тәуекелдерін талдаудың аспаптық құралдарына салыстырмалы талдау жүргізілді.

Түйін сөздер: талдау, аудит, әдіс, әдістеме, ақпараттық қауіпсіздік, ақпараттық жүйе, тәуекелдер, қауіп-қатерлер

Казангапова Б.А.

Сравнительный анализ различных информационных систем по обеспечению информационной безопасности предприятий

Резюме. Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме обеспечения информационной безопасности предприятий, в связи с этим был проведен сравнительный анализ инструментальных средств анализа рисков некоторых АИС (CRAMM, RiskWatc, Гриф Digital Security) с целью оценки измерения возможного ущерба от реализации угроз направленных на ИС организации.

Ключевые слова: анализ, аудит, метод, методика, информационная безопасность**,** информационная система, риски, угрозы.

A.U. Kalizhanova, I.M. Kemelbekova, N.N. Nurseit, A.A. Mustafayeva

RESEARCH OF MODELS AND FORECASTING METHODS

Abstract. The review of the main forecasting methods is carried out: intuitive and formalized. A classification of formalized forecasting methods is made, and their differences are described. Regression, autoregressive and exponential smoothing models, as well as neural networks and models based on Markov chains are considered. Based on the work done, the advantages and disadvantages of each model are noted. Among the technologies in forecasting and planning today, computer technologies are used, based on the principle of visually-intuitive extraction of useful information (VI technologies), and an automated information system (AIS) for managing public finances of a country, region, and municipal entity. The latter provides state or local government bodies with information, instrumental and analytical support for the preparation and decision-making tasks in the management of financial and budgetary policy.

Keywords: methods, models, forecasting, technologies.

А.У. Калижанова, И.М. Кемельбекова, Н.Н. Нурсеит, А.А. Мустафаева
(Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Казахстан, Алматы.
Email: inkara27@bk.ru.)

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ

Аннотация. Выполнен обзор основных методов прогнозирования: интуитивные и формализованные. Произведена классификация формализованных методов прогнозирования, а также описаны их различия. Рассмотрены регрессионные, авторегрессионные модели и модели экспоненциального сглаживания, а также нейросетевые и модели на базе цепей Маркова. На основании проделанной работы отмечены достоинства и недостатки каждой модели. Среди технологий в прогнозировании и планировании сегодня используются компьютерные технологии, основанные на принципе визуально-интуитивного извлечения полезной информации (ВИ-технологии), и автоматизированная информационная система (АИС) управления общественными финансами страны, региона, муниципального образования. Последняя обеспечивает органы государственной власти или местного самоуправления средствами информационной, инструментальной и аналитической поддержки задач подготовки и принятия решений при управлении финансово-бюджетной политикой.

Ключевые слова: методы, модели, прогнозирование, технологии

Введение. Все чаще в современном мире нам требуется наличие качественного и количественного прогноза. Проблема прогнозирования растёт с каждым годом и приобретает все более сложный вид. Это связано с расширением областей применения.

На сегодняшний день задача прогнозирования не является прерогативой какой-то конкретной области. В каждой области должны заниматься прогнозированием параметров своей будущей деятельности.

В связи с возрастанием интереса к прогнозированию, на сегодняшний день насчитывается более ста методов прогнозирования. И возникает задача выбора оптимального метода, для изучаемого процесса или системы.

Не смотря на огромное количество всевозможных классификаций методов прогнозирования, большинство среди них являются невостребованными при решении поставленных задач. В статье будет рассмотрена следующая схема классификации методов и моделей прогнозирования представленная на рисунке 1.

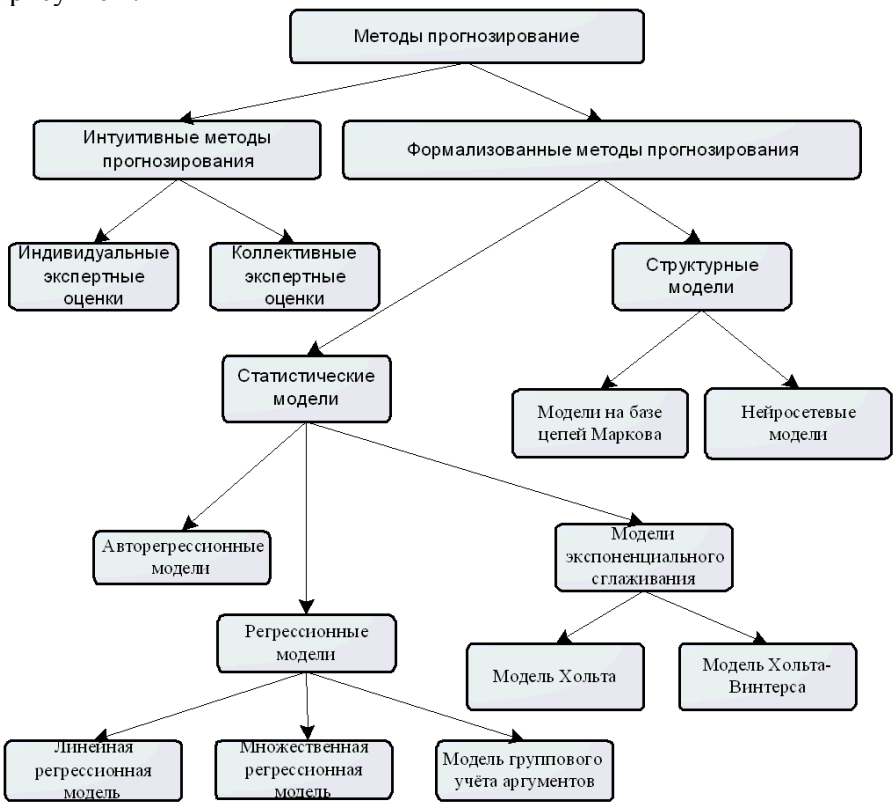


Рис-1. Схема классификации методов и моделей прогнозирования

Каждый из уровней объединяет в себе методы, в зависимости от степени формализации, от способа получения прогноза и от схожести принципа действия. Все методы прогнозирования разбиваются на две подгруппы: интуитивные и формализованные.

Интуитивные методы прогнозирования связаны с суждениями и оценками экспертов. Данные методы используются если объект прогнозирования, или очень сложен и не поддается математическому описанию, или очень прост и в таком случае не нуждается в описании. В результате применения формализованных методов прогнозирования определяется математическая зависимость, позволяющая сделать прогноз, вычисляя будущее значение процесса. Формализованные методы разделяются на статистические и структурные модели.

В статистических моделях всегда аналитически задается функциональная зависимость между внешними факторами, известными и будущими значениями временного ряда. На рисунке 2 показаны часто используемые на практике статистические модели.

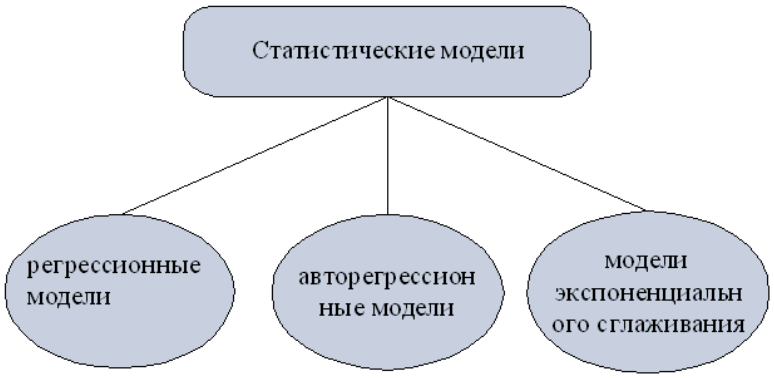


Рис. 2. Статистические модели

В структурных моделях функциональная зависимость задается структурно между внешними факторами, известными и будущими значениями временного ряда. На рисунке 3 показаны часто используемые на практике структурные модели.

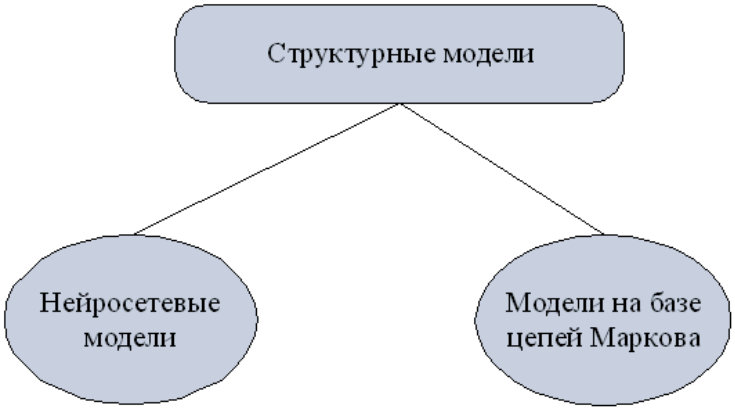


Рис. 3. Структурные модели

Анализ существующих методов и моделей прогнозирования и их сравнение

Регрессионные модели Линейная регрессия – самая простая модель. В основе модели лежит процесс Y(t) на который оказывает влияние дискретный внешний фактор X(t), связь между ними линейна. Для линейного случая модель регрессии записывается в виде уравнения:

$$Y(t) = \alpha_0 + \alpha_1 X(t) + \xi_t \quad (1)$$

α_0, α_1 - коэффициенты модели;

ξ_t - случайная ошибка.

Метод группового учета аргументов (МГУА) – метод порождения и выбора регрессионных моделей оптимальной сложности. С усложнением модели точность прогнозирования увеличивается. Наиболее часто МГУА применяется при содержании в выборке нескольких элементов. Для данного случая модель записывается в виде уравнения:

$$Y(t) = w_0 = \sum_{i=1}^{m} w_i X_i(t) + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m} w_{ij} X_i(t) \mathrm{X}_{j(t)} + \sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{m}\sum_{k=1}^{m} w_{ijk} X_i(t) \mathrm{X}_j(\mathrm{t}) \mathrm{X}_k + \ldots. \quad (2)$$

где $x = \{x_i = 1, \ldots \mathrm{m}\}$ - множество свободных переменных;

w - вектор параметров весовых коэффициентов.

Уравнение (2) называется опорной функцией. Для всех или выборочных аргументов строятся модели. Каждая модель обладает весовым коэффициентом, из которых, на следующем шаге выбираются лучшие. Если качество найденных моделей и полученных из нее прогнозных значений удовлетворяет, то процесс прекращается. Иначе, на предыдущем шаге выбранные модели используются в качестве аргументов $X_1(\mathrm{t}) \ldots \mathrm{X}_n(t)$.

Авторегрессионные модели

Значение процесса $Y(t)$ линейно зависит от некоторого количества предыдущих значений данного процесса $Y(t-1), \ldots . \mathrm{Y}(\mathrm{t}-n)$, что является основой авторегрессионных моделей. Авторегрессионная модель скользящего среднего (ARMA) — модель, использующаяся для анализа и прогнозирования стационарных временных рядов. Данная модель объединила в себе две тривиальные модели: авторегрессионную модель и модель скользящего среднего. Моделью ARMA описывается следующей формулой:

$$\mathrm{X}(t) = \mathrm{C} + \xi_t + \sum_{i=1}^{p} a_i X_{t-i} + \sum_{i=1}^{q} \beta_i \xi_{=t-i} \quad (3)$$

где

c – константа;

$\xi(t)$ - последовательность независимых и одинаково распределённых случайных величин, с нулевым средним (белый шум);

p и q — целые числа, задающие порядок модели;

$\alpha_1 \ldots \alpha_p$, $\beta_1 \ldots \beta_q$ - действительные числа, определяющие авторегрессионные коэффициенты и коэффициенты скользящего среднего, соответственно.

Модели экспоненциального сглаживания

Модели экспоненциального сглаживания являются одними из наиболее надежных и широко распространенными в прогнозировании, в силу простоты и наглядности.

Основа данной модели – постоянный пересмотр прогнозных значений и их изменение, в связи с поступлением фактических. Каждому наблюдению присваивается экспоненциально убывающие веса, с уменьшением их актуальности. Таким образом, последние наблюдения обладают большим влиянием на прогнозируемое значение, по сравнению с предыдущими, причем веса наблюдений убывают по экспоненте.

Модель экспоненциального сглаживания имеет следующий вид:

$$Y(t) = S(t) + \xi_t \quad (4)$$

$$S(t) = \alpha \cdot Y(t-1) + (1-\alpha) \cdot S(t-1) \quad (5)$$

где α - коэффициент сглаживания ($0 < \alpha < 1$).

Модель экспоненциального сглаживания включает модели, представленные в таблице 1.

Таблица 1. **Модели экспоненциального сглаживания**

Модель Хольта(двойное экспоненциальное сглаживание)	Модель Хольта-Винтерса(тройное экспоненциальное сглаживание)
Используется при моделировании процессов, имеющих тренд.	Используется при моделировании процессов, имеющих тренд и сезонность.
$Y(t) = S(t) + \xi_t$ $S(t) = \alpha \cdot Y(t-1) + (1-\alpha) \cdot (S(t-1) - B(t-1))$, $B(t) = \gamma(S(t-1) - S(t-2)) + (1+\gamma)B(t-1)$, где B(t) - тренд; γ - параметр сглаживания тренда.	$Y(t) = R(t) + G(t)) \cdot S(t)$ R(t)- сглаженный уровень без учета сезонной составляющей;G(t)-сглаженный тренд; S(t)-сезонная составляющая.

Модели экспоненциального сглаживания в основном применяются для долгосрочного прогнозирования.

Нейросетевые модели.

На сегодняшний день в сравнении с другими моделями прогнозирования востребована модель на основе искусственной нейронной сети (ИНС). Нейронная сеть – система соединённых и взаимодействующих между собой нейронов. В задачах связанных с прогнозированием под нейронами понимаются простые процессы. На рисунке 4 изображена схема нейрона.

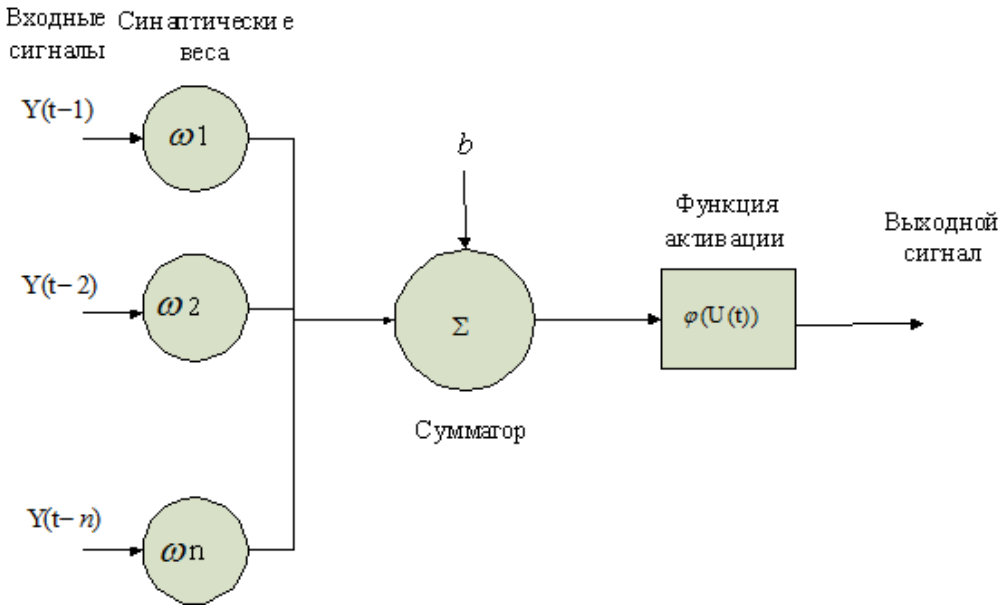


Рис. 4. Схема нейрона

Модель нейрона описывается следующей парой уравнений:

$$U(t) = \sum_{i=1}^{m} \omega_i Y(t-i) + b \quad (6)$$

$$Y(t) = \varphi(U(t)) \quad (7)$$

где: $Y(t-1) \ldots Y(t-n)$ - входные сигналы;

$\omega_1 \ldots \omega_i$ - веса нейрона;

b – пороговое значение;

$\varphi(U(t))$ - активационная функция.

Структурная схема нейронной сети изображена на рисунке 5.

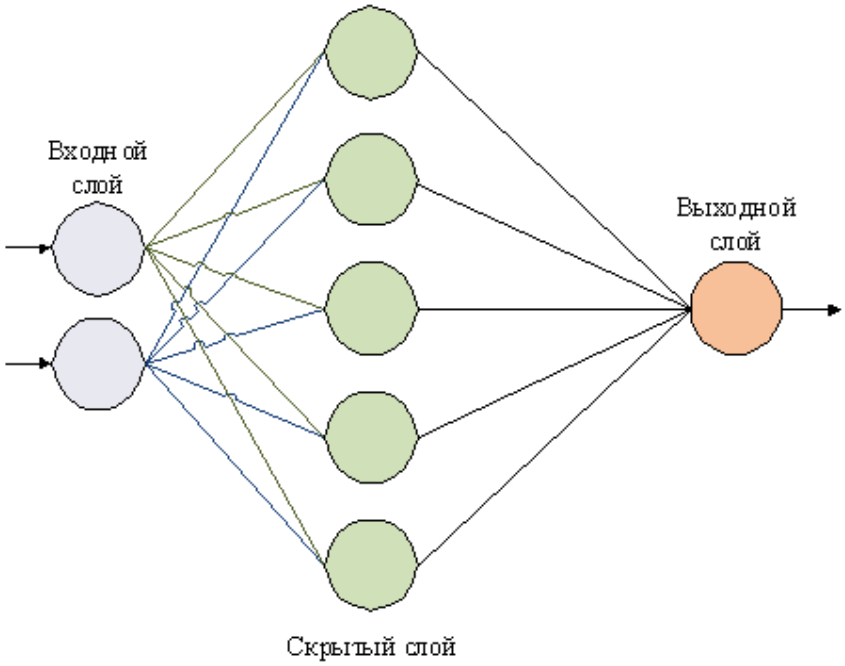


Рис.5. Структурная схема нейронной сети

Нейросетевой метод прогнозирования, подходит как для решения линейных и сложных задач, так и для задач классификации. Обучение нейронной сети зависит от значений весовых коэффициентов. Нейросетевой подход, позволяет решать задачи разных масштабов.

Модели на базе цепей Маркова. В моделях прогнозирования на основе цепей Маркова на состояние процесса влияет лишь текущего состояния, и не имеет никакого влияние предыдущее состояние. Данные модели подходят для решения задач только к процессам с короткой памятью. На рисунке 6 изображена цепь Маркова с тремя состояниями.

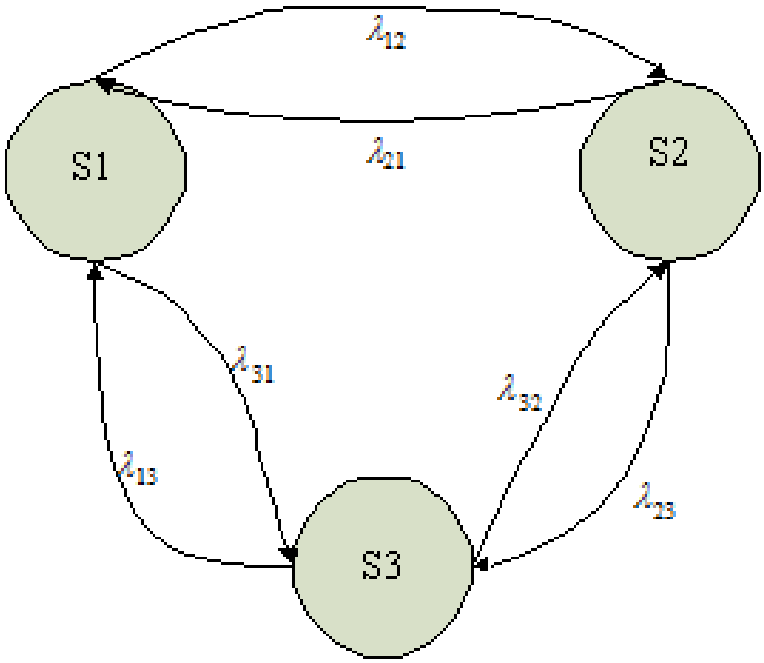


Рис. 6. Цепь Маркова; 3 состояния

Таким образом, структура цепи Маркова и вероятности перехода состояний определяют зависимость между будущим и его текущим значением процесса.

Выводы.

В таблице 2 приведено сравнение достоинств и недостатков методов прогнозирования.

Таблица 2. **Сравнение достоинств и недостатков методов прогнозирования**

Модели прогнозирования	Достоинства	Недостатки
Регрессионные модели	Быстрота получения результата;Доступность промежуточных вычислений; Простота моделей; Разнородность решаемых задач.	Трудоемкость определения параметров;Возможность моделирования лишь линейных процессов; Сложность определения вида функциональной зависимости.
Авторегрессионные модели	Быстрота получения результата;Доступность промежуточных вычислений; Простота моделей; Разнородность решаемых задач.	Трудоемкость определения параметров;Возможность моделирования лишь линейных процессов.
Модели экспоненциального сглаживания	Простота моделей;Быстрота получения результата; Решение задач долгосрочного прогнозирования.	Отсутствие гибкости.
Нейросетевые модели	Возможность моделирования не линейных процессов;Адаптивность; Масштабируемость; Разнородность решаемых задач.	Сложность программной реализации;Отсутствие промежуточных вычислений; Высокие требования к непротиворечивости обучающей выборки.
Модели на базе цепей Маркова	Простота моделей;	Узкая применимость моделей.Невозможность решение задач прогнозирования с длинной памятью.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Бокс Дж., Дженкинс Г.М. Анализ временных рядов, прогноз и управление. М.: Мир, 1974. 406 с.

[2] Егошин А.В. Анализ и прогнозирование сложных стохастических сигналов на основе методов ведения границ реализаций динамических систем: Автореферат диссертации … канд. техн. наук. Санкт-Петербург, 2009. 19 с.

[3] Gheyas I.A., Smith L.S. A Neural Network Approach to Time Series Forecasting // Proceedings of the World Congress on Engineering, London, 2009, Vol 2 [электронный ресурс]. P. 1292 – 1296. URL: www.iaeng.org /publication/WCE2009/WCE2009_pp1292-1296.pdf (дата обращения 28.08.2011).

[4] Morariu N., Iancu E., Vlad S. A neural network model for time series forecasting // Romanian Journal of Economic Forecasting. 2009, No. 4. P. 213 – 223.

[5] Mazengia D.H. Forecasting Spot Electricity Market Prices Using Time Series Models: Thesis for the degree of Master of Science in Electric Power Engineering. Gothenburg, Chalmers University of Technology, 2008. 89 p.

[6] Нормативные системы в прогнозировании развития предпринимательского сектора экономики / Л.И. Муратова [и др.] // Управление экономическими системами [электронный ресурс]. 2009, №20. URL: http://uecs.mcnip.ru/modules.php?name=News&file=print&sid=145 (дата обращения 28.08.2011).

[7] Parzen E. Long memory of statistical time series modeling // NBER-NSF Time Series Conference, USA, Davis, 2004 [электронный ресурс]. 10 p. URL: http://www.stat.tamu.edu/~eparzen/Long%20Memory%20of%20Statistical%20Time%20Series%20Modeling.pdf (дата обращения 28.08.2011).

[8] Методы прогнозирования оптимальных доз инсулина для больных сахарным диабетом I типа. Обзор / С.А. Чернецов [и др.] // Наука и образование [электронный ресурс]. 2009, №9. URL: http://technomag.edu.ru/ doc/ 119663.html (дата обращения 28.08.2011).

[9] Jingfei Yang M. Sc. Power System Short-term Load Forecasting: Thesis for Ph.d degree. Germany, Darmstadt, Elektrotechnik und Informationstechnik der Technischen Universitat, 2006. 139 p.

[10] Extrapolation // The free encyclopedia «Wikipedia» [электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Extrapolation (дата обращения 28.08.2011).

[11] Norizan M., Maizah Hura A., Zuhaimy I. Short Term Load Forecasting Using Double Seasonal ARIMA Model // Regional Conference on Statistical Sciences, Malaysia, Kelantan, 2010. P. 57 – 73.

[12] Collantes-Duarte J., Rivas-Echeverriat F. Time Series Forecasting using ARIMA, Neural Networks and Neo Fuzzy Neurons // WSEAS International Conference on Neural Networks and Applications, Switzerland, 2002 [электронный ресурс]. 6 p. URL: www.wseas.us/e-library/conferences/switzerland2002/papers/464.pdf (дата обращения 28.08.2011).

[13] Day-Ahead Electricity Price Forecasting Using the Wavelet Transform and ARIMA Models / A.J. Conejo [at al.] // IEEE transaction on power systems. 2005, Vol. 20, No. 2. P. 1035 – 1042.

[14] Тихонов Э.Е. Прогнозирование в условиях рынка. Невинномысск, 2006. 221 с.

[15] Леоненков А. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

[16] Armstrong J.S. Forecasting for Marketing // Quantitative Methods in Marketing. London: International Thompson Business Press, 1999. P. 92 – 119.

[17] Семенов В.В. Математическое моделирование динамики транспортных потоков мегаполиса. М.: ИПМ им. М.В.Келдыша РАН, 2004. 44 с.

[18] Self-organization in leaky threshold systems: The influence of near-mean field dynamics and its implications for earthquakes, neurobiology, and forecasting / J.B. Rundle [at al.] // Colloquium of the National Academy of Sciences, Irvine, USA, 2002. P. 2514 – 2521.

[19] Draper N., Smith H. Applied regression analysis. New York: Wiley, In press, 1981. 693 p.

[20] Maximum likelihood // The free encyclopedia «Wikipedia» [электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Maximum_likelihood (дата обращения 28.08.2011).

[21] Ивахненко А.Г. Обзор задач, решаемых по алгоритмам Метода Группового Учета Аргументов (МГУА) // Group Method of Data Handling [электронный ресурс]. URL: http://www.gmdh.net/articles/rus/obzorzad.pdf (дата обращения 28.08.2011).

[22] Autoregressive conditional heteroskedasticity // The free encyclopedia «Wikipedia» [электронный ресурс]. URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_conditional_heteroskedastici (дата обращения 28.08.2011).

[23] Эконометрия: Учебное пособие / В.И. Суслов [и др.] Новосибирск: Издательство СО РАН, 2005. 744 с.

[24] Prajakta S.K. Time series Forecasting using Holt-Winters Exponential Smoothing // Kanwal Rekhi School of Information Technology Journal [электронный ресурс]. 2004. 13 p. URL: http://www.it.iitb.ac.in/~praj/acads/seminar/04329008_ExponentialSmoothing.pdf (дата обращения 28.08.2011).

[25] Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: ООО «И. Д. Вильямс», 2006. 1104 с.

[26] Pradhan R.P., Kumar R. Forecasting Exchange Rate in India: An Application of Artificial Neural Network Model // Journal of Mathematics Research. 2010, Vol. 2, No. 4. P. 111 – 117.

[27] Yildiz B., Yalama A.,Coskun M. Forecasting the Istanbul Stock Exchange National 100 Index Using an Artificial Neural Network // An International Journal of Science, Engineering and Technology. 2008, Vol. 46. P.36 – 39.

[28] An Artificial Neural Network Approach for Day-Ahead Electricity Prices Forecasting / J. Catalao [at al.] // 6th WSEAS international conference on Neural networks, USA, Stevens Point, 2005. P. 80 – 83.

[29] Kumar M. Short-term load forecasting using artificial neural network techniques: Thesis for Master of Science degree in Electrical Engineering. India, Rourkela, National Institute of Technology, 2009. 48 p.

[30] Zhu J., Hong J., Hughes J.G. Using Markov Chains for Link Prediction in Adaptive Web Sites // 1st International Conference on Computing in an Imperfect World, UK, London, 2002. P. 60 – 73.

Калижанова А.У, Кемельбекова И.М., Нурсеит Н.Н., Мустафаева А.А.

Болжау модельдері мен әдістерін зерттеу

Түйіндеме. Болжаудың негізгі әдістеріне шолу жасалды: интуитивті және формалды. Формаланған болжау әдістерінің жіктелуі жасалды, олардың айырмашылықтары сипатталған. Регрессия, авторрессивті және экспоненциалды тегістеу модельдері, сондай-ақ Марков тізбегіне негізделген нейрондық желілер мен модельдер қарастырылды. Атқарылған жұмыс негізінде әр модельдің артықшылықтары мен кемшіліктері атап өтілді. Қазіргі уақытта болжау мен жоспарлау технологияларының ішінде пайдалы ақпаратты визуалды түрде алу принципіне негізделген компьютерлік технологиялар және елдің, аймақтың және муниципалитеттің мемлекеттік қаржысын басқаруға арналған автоматтандырылған ақпараттық жүйе (ААЖ) қолданылды. Соңғысы мемлекеттік немесе жергілікті өзін-өзі басқару органдарына қаржылық және бюджеттік саясатты басқарудағы шешімдер қабылдау мен дайындауға ақпараттық, аспаптық және аналитикалық қолдау көрсетілді.

Кілт сөздер: әдістер, модельдер, болжау, технологиялар.

Б.Қ. Қамен

ROBOTICS IN THE FIELD OF EDUCATION IN KAZAKHSTAN: EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS

Abstract: the purpose of this article is to consider the existing problems in the field of robotics in the educational sphere of Kazakhstan. In addition, it analyzes them, decides on its prospects and takes measures for its development.

Keywords: professional training, educational robotics, robotics, technology.

Б.Қ. Қамен
(ИСУИТ, Алматы энергетика және байланыс университеті, Алматы, Қазақстан.
Email: bekthat9797@gmail.com)

ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ БІЛІМ БЕРУ САЛАСЫНДАҒЫ РОБОТОТЕХНИКА: ТӘЖІРИБЕ ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАҒЫ

Аңдатпа: Бұл мақаланың мақсаты Қазақсатандағы білім беру салаларындағы робототехника бағыты бойынша бар мәселелерді қарастырады. Сонымен қатар соларға талдау жасау арқылы оның болашағы туралы шешім қабылдап, оны дамыту мақсатындағы іс шаралар қарастырылады.

Кілттік сөздер: кәсіптік оқыту, білім беру робототехника, робототехника, технология білім беру аймағынын мәселелері.

Өмір бойы, туғаннан бастап, адам бір нәрсені үйренеді – жүру, сөйлеу, оқу, жазу, алдымен мектепке дейінгі, содан кейін мектеп және т. б.

Қазіргі уақытта білім беру, мектеп функциялары және мұғалімнің кәсіби мәртебесі қоғамда болып жатқан өзгерістердің әсерінен күрделене түсуде. Білім беру мен мектептегі өзгерістерге байланысты жаңа жағдайлар жаңа талаптар қояды.

Әлемде бәрі біріктіріледі: экономика, ғылым, мәдениет, тәсілдер мен ұғымдар. Осыған байланысты жеке тұлғаның өзін дамыту, оның сапалық өзгерістері, жауапкершілігі және өзін-өзі жүзеге асыруға дайындығы, әлеуметтену және тез өзгеретін әлемге бейімделу қажеттілігі артып келеді. Құзыретті тұлғаның негізгі қасиеттерінің бірі-бастамашылық және өзгерістерге дайын болу сияқты жеке қасиет. Чарльз Дарвиннің ойы бірден еске түседі: "Ең күшті емес, ең ақылды емес, өзгерістерге ең жақсы жауап беретін адам өмір сүреді". Инновацияның жоғары деңгейі, қоғамда болып жатқан өзгерістердің жылдамдығы, "ақпараттың жарылуы" білімнің қартаю процесін жеделдетуге әкеледі. Демек, жаңа типтегі қызметкерді дамыту қажеттілігі: білімді, іскер, өмір бойы оқуға бейімделген (біліктілікті арттыру). Осылайша," көп өлшемді Адамды " дамыту ақыл-ой, білім өндірілетін және тұтынылатын ақпараттық қоғамда қажет және мүмкін, бұл ақыл-ой еңбегінің үлесінің артуына әкеледі, адамнан шығармашылық қабілеті қажет, білімге деген сұраныс артады.

Робототехника-автоматтандырылған техникалық жүйелерді жасаумен айналысатын қолданбалы ғылым. Қазіргі заманғы өндіріс үшін жоғары білікті кадрларды даярлау жоғары оқу орындары мен бейінді кәсіпорындардың бірлескен қатысуын талап етеді. Робототехникаға дайындық нақты ғылымдар мен инженерияға деген қызығушылықты, аналитикалық ойлауды дамытады, бай қиялмен үйлескен жақсы құрылымдалған ойлауды қалыптастырады.

Мектептер мен жоғары оқу орындарына білім беру робототехникасын белсенді енгізу басты проблемалардың бірін табысты шешуге мүмкіндік береді: еңбек нарығында білікті инженерлік-техникалық кадрлардың үдемелі тапшылығы, бұл дамушы елдер үшін ерекше маңызды.

Ақпараттық қоғам бүкіл білім беру жүйесіне, оның барлық кезеңдерін қоса алғанда, жоғары талаптар қойғандықтан, қазіргі білім беру жағдайында іргелі білім-базаға көшуді қамтамасыз ету қажет, ол кейіннен қызмет түрлерін өзгертуге, кәсіптерін өзгертуге, жеке тұлғаның мүдделеріне байланысты біліктілігін арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен қатар, жеке тұлғаның электрондық сауаттылығын қалыптастыру, компьютерлік технологияларды игеру қажет.

Қазіргі білім беру жағдайында белсенділік сипаты ең өзекті болып табылады және білім беру тиімділігін арттырудың кепілі болып табылады, өйткені "қабілеттер іс-әрекетте көрінеді және дамиды".

Қазақстанда білім беру робототехникасы енді ғана қалыптаса бастады. 2010 жылы "Парасат" ұлттық ғылыми - технологиялық холдингі "Назарбаев Университетімен" бірлесіп робототехника мен робототехнологияны дамыту бойынша ғылыми-техникалық бағдарлама әзірледі. Бағдарлама мақсаттарының ішінде "Назарбаев Университетінде" робототехника индустриясын дамыту және

робототехнологиядағы инновацияларды пысықтау үшін ғылыми-білім беру базасын құру және "ақылға қонымды Роботтар"әзірлемелері саласында жоғары білікті мамандар даярлау болды.[3]

"Робототехника" сабақтары көптеген күрделі техникалық пәндер бойынша қызықты ойын түрінде Дағдылар мен білім алуға бірегей мүмкіндік береді. Студент логикалық ойлауды ғана емес, сонымен қатар математикалық және алгоритмдік қабілеттерді, электронды жүйелерді түсінуді дамытады, өз ойын дұрыс және нақты жеткізе алады, мәселені әртүрлі жолдармен шеше алады, қиял, логика, дизайн қабілеттері, топта жұмыс істей білу сияқты маңызды қасиеттер қалыптасады., сонымен қатар ғылыми зерттеулерге қызығушылық. "Робототехника" бойынша сабақтар әр түрлі дайындық деңгейлері мен мектеп бағдарламасындағы кез-келген жетістіктері бар балаларға өте қолайлы. Мектеп пәндері алгебра, геометрия, физика оңай қол жетімді болады. Нәтижесінде балалар жоспарланған жобаларды өз бетінше жүзеге асыра алады.

Робототехника-Қазақстанның білім беру мекемелері белсенді енгізетін жаңа бағыт. Бүгінде жүздеген Республикалық мектептер мен жоғары оқу орындарында оқытылатын бұл біріктірілген пән бірқатар қолданбалы пәндерді қамтиды. Математика және физика, информатика және сызу – бұл және басқа ғылымдар болашақ Робот жасаушыны игеруі керек. Бірақ әлі күнге дейін ерекше мамандықты игеріп келе жатқан қазақстандық балалар үшін өткен жылдан бастап ашылған алған білімдерін іс жүзінде қолдану мүмкіндігі ең маңызды болды.

Білім және ғылым министрлігінің бастамасымен еліміздің кейбір білім беру мекемелері LEGO Education жаңа жиынтықтарымен жабдықталған, олардың негізінде ең батыл идеяларды жүзеге асыруға болады: көптеген функциялары мен қабілеттері бар нағыз роботтарды модельдеу және бағдарламалау. Енді демеушілік қаражатқа сатып алынған 400 сынып-комплектінің көмегімен 20 мыңға жуық қазақстандық ұлдар мен қыздар робототехникада машықтана алады. Бұл осы қызықты және перспективалы бағытты дамытудың алғашқы қадамдары ғана.[1]

Робототехниканы ересектерге арналған білім беру жүйесіне интеграциялаудан ел үшін перспективалар айқын. Жаңа пәнді оқи бастаған балалар болашақ туралы емес, оқу процесін қызықты ойынмен біріктіру мүмкіндігі туралы ойлайды. Балалар дизайнерлеріне ұқсайтын оқу құралдарының көмегімен жаңа пәннің негіздерін түсіну жағымды. Ұлдар мен қыздар бұл процеске өте құмар, сондықтан олар роботтарымен бөліскісі келмейді. Айта кету керек, егер тән "кірпіш" болмаса, онда бұл роботтар "өнеркәсіптік"көрінуі мүмкін. Жас инженерлер оларды "үйрететін" функцияларды айтпағанда. Жиналған механизмдер нақты сенсорлармен жабдықталған, бағдарламаланады – жалпы, өндірісте қолданылатын нақты роботтарға тән көптеген сипаттамаларға ие.

Жаңа бағдарлама студенттерге жаңа білім алуға ғана емес, сонымен қатар өз идеяларын жүзеге асыруға мүмкіндік береді. Және бұл ең жағымды, оқытушылар шектемейді қиял оқушы – бұл барлығы емес олар келеді және келешекте дәл роботостроением. Біреу дәрігер, біреу ғалым, біреу ғарышкер болғысы келеді. Бірақ робототехниканы игеру компьютерлік технологиялар, математика, физика туралы білімсіз мүмкін емес. Балалар шешім қабылдауға, сәтсіздіктер мен қателіктерді дұрыс қабылдауға, нақты міндеттерге назар аударуға үйренеді. Бұл кез-келген мамандықта пайдалы. Екінші жағынан, балалар өсіп келе жатқанда, Роботтар тартылмайтын адам қызметінің салалары әрең қалады.

Қазіргі білім берудің негізгі міндеті - жас адамға өз әлеуетін ашуға мүмкіндік беретін орта құру. Бұл оған осы ортаны және оның айналасындағы әлемді білу арқылы еркін әрекет етуге мүмкіндік береді. Мұғалімнің жаңа рөлі-тиісті білім беру ортасын ұйымдастыру және жабдықтау және студентті таным мен іс-әрекетке ынталандыру.[2]

Білім беру робототехника жаңа, өзекті педагогикалық технология болып табылады. Робототехника білімнің перспективалы салаларының тоғысында орналасқан:

- механика, электроника, автоматика, құрастыру, бағдарламалау, схемотехника және техникалық дизайн.

Білім беру робототехникасы іс-әрекеттің екі векторын біріктіреді: білім беру векторы және технологиялық вектор.

Әр бағыттағы қозғалыстың негізі-оқушының танымдық-белсенді жазықтықта дамитын белгілі бір технологиялық міндеті, ол бір жағынан мыналардан тұрады: көптеген ғылымдардың жетістіктерін тарта отырып, мәселені шешу үшін қажетті теориялық білімді алуға деген ұмтылыс, екінші жағынан, жас әзірлеушінің түпкі өнімдегі технологиялық мәселені шешудің ұсынылуына баса назар аударуы.[4]

Оқушылардың жеке білім беру траекториясын орналастыруға арналған кеңістік болып табылатын бұл жазықтық, осылайша болашақ білім салаларының тоғысында теория мен практиканың қорытпасымен өзара байытылады. Бұл, әсіресе, біздің елімізде экономиканың дамуын инновациялық рельстерге көшіру бойынша мақсатты күш-жігер жұмсалып жатқан сәтте өте өзекті болып табылады.

Нақты міндетті шешу үшін, атап айтқанда – роботты әзірлеу, жобалау және құру үшін ТжКБ оқу орындарында оқытылатын бірқатар пәндердің танымдық жетістіктерін бір процесте біріктіру қажет.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Жантасова Ж.З. Имитация работы робота-погрузчика на базе конструктора LEGO Mindstorms EV3 / Ж.З. Жантасова, А.К. Садакбаева // Материали за 11-а международна научна конференция, «Ключевые вопросы в современной наука». – София. «Бял ГРАД- БГ». 2015.

[2] Казахстанские школьники соревнуются в олимпиаде по робототехнике [Электронный ресурс] // Режим доступа: http://bnews.kz/ru/news/post/230732/, свобод-ный. Загл. с экрана. – Яз.рус.

[3] Развитие робототехники и робототехнологий в Республике Казахстан на 2011- 2013 годы. Государственная программа.

[4] Поиск экспортных ниш в образовательной робототехнике. [Электронный ре-сурс] // Режим доступа: http://www.slideshare.net/ChihalinTed/ss-43872106, свободный. Загл. с экрана. – Яз.рус.

[5] Жантасова Ж.З. Проблемы и перспективы исследований в области образовательной робототехники в Казахстане / Ж.З. Жантасова, А.К. Садакбаева // Матер. Межд. науч.-практ. конф. «Современная система образования: проблемы и перспективы». – Усть-Каменогорск, 2015.

[6] Фестиваль «Robofest» городских школьников прошел в ВКГУ [Электронный ресурс] // http://www.vkgu.kz/ru/news/show/4325, свободный. Загл. с экрана. – Яз.рус.

[7] Изучение основ робототехники в казахстанских школах / Е.А. Киселёва [Элек- тронный ресурс] http://gglob2.otgroup.kz/kz/lecture/view/12632, свободный. Загл. с экра- на. – Яз.рус.

[8] Изучение основ робототехники в школе. Лукьянова Н.В. [Электронный ресурс] http://robot.uni-altai.ru/metodichka/publikacii/izuchenie-osnov-robototehniki-v-shkole, свободный. Загл. с экрана. – Яз.рус.

УДК 004.046

N.M. Kashkimbaeva, M.Zh. Kaldarova

([1]Nur-Sultan, L.N. Gumilev Eurasian National University, knm25-1979@mail.ru

[2]Nur-Sultan, Kazakh AgroTechnical university)

DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURAL SENSORS

Abstract. This article discusses the possibility of monitoring from a single web console, which allows you to monitor from a single web console, combining different sensors for monitoring on a "single window" basis. Individual connection to several sensors by creating an information system for monitoring agricultural sensors. In addition, we will consider in detail the possibility of monitoring agriculture, studying the benefits of their use in various sectors of agriculture, as well as a simple solution for preliminary planning. In our study, the experience of using an agency model of monitoring in the implementation of agro-industrial sensory monitoring system was introduced. Topical issues of the agro-industrial complex. Agriculture is one of the most resource-intensive and labor-intensive industries. Today, farmers have challenges, but not limited to them. It is clear that companies that meet the growing demand for organic food through the use of agricultural monitoring systems will have a clear competitive advantage.

Keywords: integration, sensor, single window principle, monitoring system, information systems, data storage, web console, fault tolerance.

Н.М. Кашкимбаева, М.Ж. Калдарова

АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ СЕНСОРЛАРЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІН ДАМЫТУ

Аннотация: Бұл мақала мониторинг үшін түрлі сенсорларды «бір терезе» негізінде біріктіріп, бірыңғай веб-консольден бақылауға мүмкіндік беретін, мониторингтің қателіктерге төзімділігін қамтамасыз ететін, бірыңғай веб-консольден бақылау мүмкіндігін қарастырады. Ауылшаруашылық сенсорларын бақылаудың ақпараттық жүйесін жасау арқылы бірнеше сенсорларға жеке-жеке қосылу. Сонымен қатар, біз ауыл шаруашылығына мониторинг жүргізудің, оларды ауылшаруашылықтың әр түрлі салаларында қолданудың артықшылықтарын зерттеулердің, сондай-ақ алдын-ала жоспар жасаудың қарапайым шешімінің мүмкіндігін егжей-тегжейлі қарастырамыз. Біздің зерттеуімізде агроөнеркәсіптік сенсорлық мониторинг жүйесін енгізуде мониторингтің агенттік моделін қолдану тәжірибесі енгізілді.

IOT негізделген барлық шешімдердің, «ақылды» ауыл шаруашылығы жүйелері дұрыс бөлінген. әлемдік экономиканың негізгі секторларының бірі, болады, сондай-ақ IOT енгізу ең қарқынды мақтанады ауыл шаруашылығы сияқты. Салада инновацияны енгізуге жақсы себептер бар: болжам бойынша 2050 жылға қарай әлем халқы 10 млрд адамға жетеді [1].

Осы перспективаларды ескере отырып, ауылшаруашылық мониторингінің маңыздылығын бағалау мүмкін емес. Ауылшаруашылық мониторинг жүйесін қолдану арқылы органикалық тамақ өнімдеріне өсіп келе жатқан сұранысты қанағаттандыратын компаниялар айқын бәсекелестік артықшылыққа ие болатыны анық.

Осы мақалада біз ауыл шаруашылығына мониторинг жүргізудің өзіміздің қарапайым шешіміміздің мүмкіндігін егжей-тегжейлі қарастырамыз, оларды ауылшаруашылықтың әртүрлі салаларында пайдалану артықшылықтарын зерттейміз, сондай-ақ оларды жүзеге асырудың болжалды жоспарын белгілейміз.

Агроөнеркәсіптік кешеннің өзекті мәселелері. Ауыл шаруашылығы ең ресурстық және еңбек сыйымды салалардың бірі болып саналады. Бүгінгі таңда фермерлердің алдында тұрған міндеттер бар, бірақ олармен шектелмейді.

Жабдықтарды үнемі техникалық қызмет көрсету. Ауыл шаруашылығы сала ретінде технологияға өте тәуелді. Техникалық қызмет көрсету, тіпті жоспарлы түрде жүргізілу көп уақытты қажет етеді және бюджетке әсер етеді, бірақ бұл алдын-ала болжау коэффициентін жоймайды. Кез-келген жабдық кездейсоқ істен шыққан кезде, ол әдетте күтпеген тоқтап қалуға әкеледі.

Суды дұрыс бағалау. Өсіп келе жатқан өсімдіктерге су қажет, бірақ оның мөлшері топырақтың ылғалдылығына байланысты өзгереді. Осы деңгейлерді өлшеу үшін фермерлер далада серуендеп, үнемі қолмен тестілеуден өтуі керек - балама ретінде олар уақыт өте дәл, ыңғайлы және үнемді болатын зияткерлік зондтау технологиясын қолдана алар еді.

Ағынды суларды тастау және үстеме шығындар. Топырақтың ылғалдығы туралы нақты ақпараттың жиналмауы сумен қамтамасыз етуге немесе өсімдіктердің батып кетуіне әкелуі мүмкін [2]. Нашар суарылатын өсімдіктер құрғақ және нәзік, бірақ шамадан тыс суару судың қалдықтарын тудырады және судың болжанбайтын шығындарына әкеледі.

Дұрыс қону уақытын есептеу. Әрбір зауыттың қоршаған ортаның бірқатар факторларына байланысты оңтайлы отырғызу уақыты бар. Алайда, дәл осы уақытты нақты деректерсіз дұрыс есептеу қиынға соғады.

Топырақтың температурасы мен ылғалдылығын өлшеу. Топырақтың температурасы мен ылғалдылық деңгейі фермерлер егіннің жағдайын бағалау және тиісті шаралар қабылдау үшін жинау керек негізгі көрсеткіштер болып табылады. Өкінішке орай, IOT ауылшаруашылық мониторинг жүйесінсіз оларды дұрыс өлшеу мүмкін емес.

Зиянкестермен күресу. Зиянкестерді табысты басқару, оның ішінде зиянкестерді анықтау, орналасқан жері, белсенділігі және мінез-құлқы - фермерлердің тағы бір проблемасы. Бұл проблеманы IOT негізіндегі зиянкестермен күресу жүйесінсіз шешу өте қиын екендігі түсінікті.

Біздің жағдайда, IT-мамандар осы мәселелерге жоғарыда аталған шешімдерді қолдана бастады. Қазір біз жаңа проблемамен бетпе-бет келеміз, керісінше температураны, ылғалдылықты және басқа көрсеткіштерді бақылаудың автономды жүйелерін бақылау ыңғайлы түрде.

Яғни, маман әр құрылғының консоліне кіруге көп уақыт жұмсаудың қажеті жоқ, тек бір веб-консольді (веб-парақты) ашады, онда ол инфрақұрылымның қазіргі жағдайына сәйкес бүкіл жүктемені көреді.

II. ДЕРЕКТЕР ЖИНАУ

Бөлме температурасы, ауаның ылғалдылығы, ылғалдылық және басқа да қажетті көрсеткіштер сияқты сенсорлардың негізгі көрсеткіштері. Біздің мониторинг моделімізді жүзеге асыру аясында питонның кездейсоқ кітапханасы негізінде жалған сенсорлық көрсеткіштер пайда болады. Сондай-ақ, әрбір сенсор келесі мәліметтермен анықталады: өндіруші компания және желідегі IOT датчигінің нақты мекен-жайы (mac мекен-жайы).

Берілетін мәліметтердің негізгі моделі 1 суретте көрсетілген.

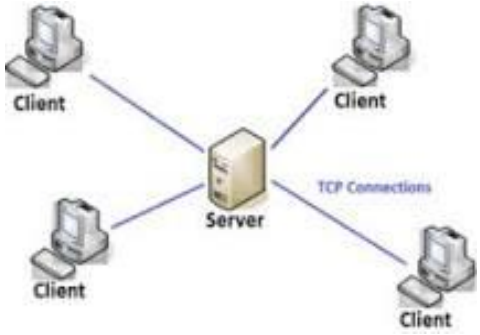
Модельден сіз сатушы - өндірушінің мәтіндегі көрінісі (кіші әріп), құрылғы_id - құрылғыны анықтауға болатын есептік MAC адресі (желідегі физикалық мекен-жай) сияқты қасиеттерді көре аласыз (Ескерту: MAC мекенжайлары он алтылық жүйенің 12 санынан тұрады) біздің мысалда нақты мәндермен қайшылықтар болмайтынын ескере отырып, қосымша 4 сан қолданылады.) Келесі берілетін шамалар - бұл бізге қажет жүктеме, яғни жылыту жүйесінде нақты көріністі көрсететін деректер (және т.б.), мониторинг жүйесі жұмыс істейді (сенсорлық көрсеткіштер). Сондай-ақ, мұндай мәліметтер әрдайым уақыт белгісімен бірге жүруі керек - яғни, бұл деректер ағымдағы уақыт.

```
{
    vendor: "Thermik Corp.",
    device_id: "12bf-9acd1-88e1-650c",
  - temp_value_list: [
        17,
        12,
        13,
        20,
        12
    ],
    date_of_upload_results: "2020-03-12 09:48:10.631427"
},
```


1-сурет. Деректерді беру моделі

III. ІСКЕ АСЫРУ

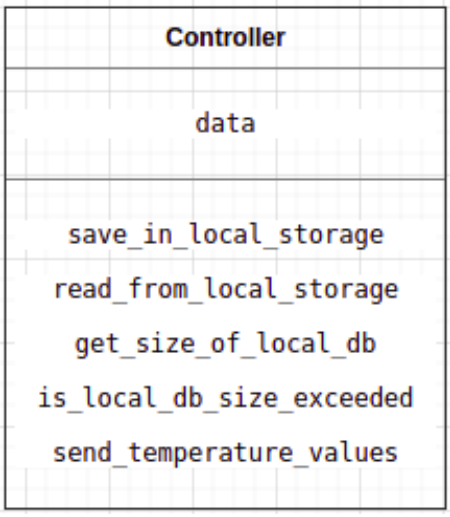
Мониторинг жүйесінің қарапайым моделін жүзеге асыру клиент-сервер архитектурасы сияқты архитектуралық шешімге негізделген, 2 суретте көрсетілген [3-5].



2-сурет. Клиент серверінің архитектурасы

Тек біздің мониторинг шешіміміз ғана мониторинг жүйесінің агент моделі деп аталады [6-8]. Агенттер - бұл құрылғы контроллері (мысалы, датчиктер т.б.) Процессинг орталығы және мониторингке қол жеткізу үшін агенттер деректерді жүктейтін бір сервер бар.

Клиенттің (агенттердің) жағында контроллер сияқты механизм енгізілген, 3 суретте көрсетілген.



3-сурет. Мониторды іске асыратын агенттің класстық моделі

UML диаграммасы Controller агент класы жүзеге асыратын қасиеттер мен әдістерді көрсетеді. Ол үшін бастапқы деректер жоғарыда 1 суретте аталған мәліметтер үлгісі болып табылады.

Контроллер агентінің класы келесі әдістерді орындайды:

1. send_temperature_values әдісі - бұл POST әдісін қолдана отырып, HTTP протоколы арқылы серверге деректерді жүктеу функциясын жүзеге асыратын негізгі агент әдісі. Мұнда POST әдісінің параметрі ретінде датчиктерден мәліметтер жіберіледі. Бұл әдіс бірқатар жағдайларды қарастырады және келесі әрекеттерді орындайды:

1) Бақылау сервері қол жетімді емес - бұл жағдайда агент деректерді біраз уақыт жергілікті жерде сақтайды, осылайша сервер қалпына келтірілсе, деректер қайта жіберіледі.

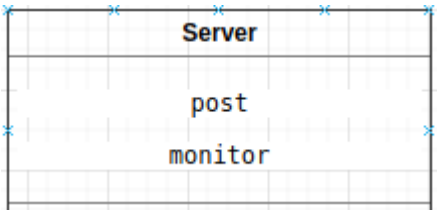
2) Бақылау серверінің жұмысы сәтсіздіктен кейін қалпына келтірілді - әдіс жергілікті жадтағы деректерді оқиды (бар болса) және оны серверге жібереді.

3) Мониторлық сервер қалыпты қалыпты режимде жұмыс істейді - әдіс жай ғана деректерді бақылау серверіне жібереді.

2. read_from_local_storage әдісі - жергілікті дерекқордан мәліметтерді оқиды және бар болса қайтарады.

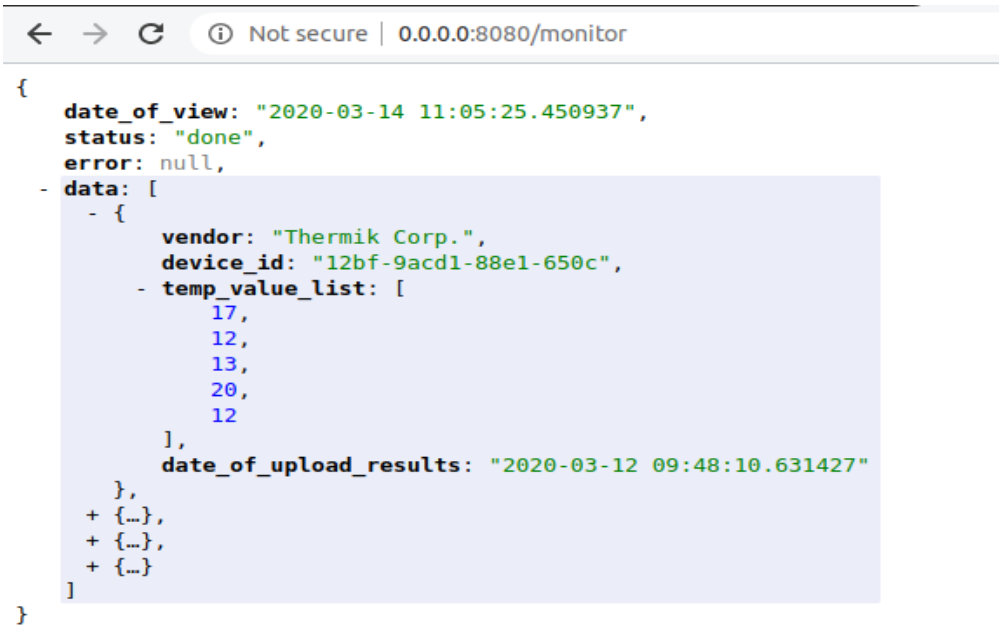
3. is_local_db_size_exceeded әдісі - жергілікті дерекқордың мөлшері жад шегіне жетпегенін тексереді. Get_size_of_local_db - дерекқордың көлемін алу үшін қолданады. Егер жад шегі асып кетсе немесе оған жетсе, дерекқор жойылады, ал агент жадтың шегі асып кеткендігі туралы хабарландырумен жұмысын тоқтатады және араласуды және қайта іске қосуды күтеді. Яғни, бұл әдіс құрылғы (сенсор) ішіндегі қауіпсіздік механизмін жүзеге асырады.

Сервер бөлігі қарапайым, сервер моделі тек негізгі функцияны орындайды, ол 4 суретте көрсетілген.



4-сурет. Сервер класының моделі

Серверде 2 соңғы endpoint-а, post және monitor бар. Post - endpoint құрылғылардан деректерге қол жеткізу үшін қол жетімді агенттерге қажет. Құрылғыларға мәліметтерді жүктеуді бір шолғыш терезесінде көру үшін серверге қосылу үшін Monitor - endpoint қажет, ол 5 суретте көрсетілген.



5-сурет. Браузер арқылы деректерді json форматында қарау

Ауылшаруашылық сенсорларын бақылау жүйесін енгізу кезінде агенттік негіздегі мониторинг моделін қолдану тәжірибесі қолданылды. Құрылғының түріне, өндірушісіне қарамастан, бір жерде деректерді ыңғайлы оқылатын форматта жинауға мүмкіндік береді. Бұл ауылшаруашылық жерлердің тиімділігіне нақты әсер етеді, өйткені мәселе әртүрлі жабдықтар мен өндірушілер жағдайында пайда болады, бұл тиімді бақылау мен басқарудың қиындықтарын тудырады, тіпті мұндай қарапайым шешім [4].

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Mary Aleksandrovna. Smart Agriculture Monitoring Solutions to Optimize Farming Productivity, 2019.

[2] Н.И.Захарова. Мониторинг почв земель сельскохозяйственного назначения: сущность, цели и задачи. Вестник ПАГС, 2012, стр. 117-121.

[3] В. Олифер, Н. Олифер. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы. Учебник, 2016.

[4] Д. С. Сильнов. Оценка эффективности средств защиты систем удаленного мониторинга, 2011.

[5] В. И. Аверченков. Мониторинг и системный анализ информации в сети Интернет: монография [электронный ресурс] / В. И. Аверченков, С. М. Рощин. — 2-е изд., стереотип. — М.: ФЛИНТА, 2011.

[6] Дж. Скотт Хогдал. Анализ и диагностика компьютерных сетей / пер. с англ. М. Кузьмин; под ред. А. Бернштейн. —М.: Лори, 2001 год.

[7] А. М. Кенин. Самоучитель системного администратора. — 3-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2012.

[8] Лавров, А. А., Лисс А. Р., Яновский В. В. Мониторинг и администрирование в корпоративных вычислительных сетях. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013.

Кашкимбаева Н.М., Калдарова М.Ж.

Разработка системы мониторинга датчиков сельского хозяйства

Резюме: В этой статье обсуждается возможность мониторинга с одной веб-консоли, которая позволяет осуществлять мониторинг с одной веб-консоли, объединяя различные датчики для мониторинга на основе «единого окна». Индивидуальное подключение к нескольким датчикам путем создания информационной системы для мониторинга сельскохозяйственных датчиков. Кроме того, мы подробно рассмотрим возможности мониторинга сельского хозяйства, изучения преимуществ их использования в различных отраслях сельского хозяйства, а также простое решение для предварительного планирования. В нашем исследовании был представлен опыт использования агентской модели мониторинга при внедрении агропромышленной сенсорной системы мониторинга.

Ключевые слова: интеграция, датчик, принцип “единого окна”, система мониторинга, информационные системы, хранение данных, веб-консоль, отказоустойчивость.

МРНТИ: 81.93.29

K.G. Zhanibek

(Information Systems, Almaty institute of power engineering and telecommunication)

ENTERPRISE INFORMATION SECURITY POLICY

Abstract. This article discusses the current problem of information protection at enterprises, since access to confidential information and its change can cause significant damage to the company's financial position. Various causes of information security breaches in an organization are noted and their solutions are discussed. Also, a list of rules was compiled, which is part of the paradigm that ensures cybersecurity at a manufacturing enterprise in modern times.

Key words: information, information security, cybersecurity, information protection, cyberattack, information threat.

К.Г. Жанибек

(Алматы энергетика және байланыс университеті)

ӨНДІРІСТЕГІ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ САЯСАТЫ

Аңдатпа. Бұл мақалада қазіргі таңдағы актуалды мәселелердің бірі, өндірістегі акпараттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету және және желіні қорғау саясаты қаралады, Конфиденциалды ақпаратқа жету немесе оны өзгерту, өндіріс компанияларына көптеген шығындар алып келуі мүмкін. Ақпараттық қауіпсіздікті бұзатын түрлі себептер белгіленіп, олардың шешімдері талқыланды. Және қазіргі заманда, өндіріс компаниясындағы киберқауіпсіздік парадигмасын қамтитын ережелер тізімі құралды.

Түйін сөздер: ақпарат, ақпараттық қауіпсіздік, киберқауіпсіздік, ақпаратты қорғау, кибершабуыл, ақпараттық қауіп.

IT әлемінде киберқауіптерден үнемі қорғаудың қажеттілігі даусыз. Қазіргі уақытта оның қажеттілігі өндірістік технологиялық жабдықтарды басқару жүйелерінде айқындала бастады. Сонымен қатар, индустриялық жүйеге сәтті кибершабуыл нәтижесінде өндіріс шығындары, қауіпсіздік жүйесі мен қоршаған ортаға зиян келуі, зияткерлік меншіктің ұрлануы мүмкін. Үздіксіз режимде, қатаң реттелетін жағдайларда, өндірістік желілер, әдетте, ақпараттық желілер үшін қолданылатын қауіпсіздік саясаты мен ережелерінің көпшілігін айналып өтеді.

Бұрын желінің өндірістік сегментін қорғаудың негізгі себебі адам факторы немесе желінің бұзылуы болды. Тиісінше, өнеркәсіптік автоматика жабдықтары жалған немесе мамандандырылмаған желілік трафиктің мүмкіндіктерін ескерусіз жасалған. Сыртқы жағынан, әсіресе өнеркәсіптік коммуникациялық коммуникациялық жүйелерге бағытталған кибершабуыл қаупі іс жүзінде ескерілмеді.

Жуырда басқару жүйелері деректерді берудің жабық хаттамаларын және кәсіпорынның ақпараттық желісіне және Интернетке тікелей қосылмаған далалық автобустарды қолданды. Осылайша, өнеркәсіптік желінің (технологиялық жүйенің) қауіпсіздігі оның оқшаулау әдісімен қамтамасыз етілді. Соңғы 10–20 жыл ішінде өнеркәсіптік желілерді меншікті технологиялар мен стандарттардан коммерциялық шешімдер мен технологияларға көшу үрдісі байқалады. Технологиялық деректерге сыртқы желіден қол жеткізу қажеттілігі артып келеді, бұл технологиялық желіні кәсіпорынның ақпараттық желісі мен Интернетпен тікелей байланыстыруды білдіреді. Заманауи технологиялық желінің жұмысы үнемі қашықтықтан қол жетімділікті, деректерді жаңартуды талап етеді. Нәтижесінде кәсіпорынның технологиялық желісі бұдан былай жалпы желіден оқшауланбайды. Мәселен, Industrial Ethernet технологиясы коммуникациялық желілерде іс жүзінде стандартқа айналуда. Технологиялық жабдық IP-протоколдарды қолданады, соның ішінде стандартты TCP / IP, UDP, олардың барлық әлсіз жақтарын мұра етеді. Өндірістік және технологиялық басқару жүйелерінің (SCADA / DMS) жоғарғы деңгейдегі ERP / MES жүйелерімен өзара әрекеттесу қажеттілігінің пайда болуымен өнеркәсіптік желі тізбегін оқшаулау мүмкін болмады. Корпоративті желімен байланысқа қосымша, қашықтан басқару интерфейстері мен жұмыс станцияларының USB порттарын зиянды өнеркәсіптік бағдарламалық қамтамасыздандырудың қосымша қосымша тәсілдерін ескеру қажет.

Технологиялық желідегі соңғы құрылғылар (контроллерлер) максималды сенімділікке бағытталған. Бүгінгі күні желі арқылы рұқсат етілмеген кіруден қорғаудың бастапқы құралдары қазіргі заманғы киберқауіптерден қорғау үшін жеткіліксіз және дамуды қажет етеді. Сонымен қатар, IT-желілерден киберқауіпсіздікті қамтамасыз ету әдістерін жай ғана көшіру мүмкін емес: сәулеті, жабдық сипаты, қозғалыс түрлері, сыртқы орта және белгіленген ережелер айтарлықтай ерекшеленеді. Қатерлердің түрлері де әртүрлі болады. Өнеркәсіптік зиянды бағдарламалардың белгілі бір класының пайда болуы мамандандырылған әдістер мен қорғауды білдіреді. Осыған байланысты, өнеркәсіптік сектор үшін арнайы жасалған технологиялар мен шешімдерді пайдалану маңызды.

Ақпараттық технологиялар(АТ) мен әмбебап цифрландырудың қарқынды өсуіне байланысты қазіргі әлемдегі өзгерістер өндірістік жүйелерге әсер етпей өте алмады. Бағдарламаланатын контроллерлерді, роботтарды және кәсіпорынның корпоративті желілерімен интеграцияланған сандық басқару жүйелерін кеңінен қолдану өндірісті басқаруға көзқарастардың өзгеруіне және бірнеше жаңа технологиялық бөлімдердің тез дамуына әкелді. Бұл «жаңа индустриялық революция» өнеркәсіптік жүйелердің қауіпсіздігін қамтамасыз ету міндеттерінде көрініс табуы мүмкін емес.

Технологиялардың және басқару құралдарының компьютерлендірілген компоненттерді кеңінен қолдануға эволюциясы өнеркәсіптік жүйелерге жаңа шабуылдардың пайда болуына және тез өсуіне әкелді. Қазіргі заманғы шабуылдаушы сандық өндіріс нысандарына, арнайы құралдар арсеналдарына бағытталған шабуылдарды қолданады; тек техникалық әдістер ғана емес, мысалы, әлеуметтік инженерия. Бұл жұмыста авторлар «цифрлық өндіріс» тұжырымдамасының пайда болуымен, өнеркәсіптік жүйелердегі негізгі өзгерістерді, өндірістік процестердің өзгеруін және цифрлық экономикаға көшу кезіндегі олардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету тәсілдерін қарастырады.

Қорғау объектісіндегі немесе өндіріс жүйесіндегі өзгерістер жаңа, мақсатты шабуылдарға, ықпал ету арналарының кеңеюіне әкеледі. Уақыттың талаптарына сәйкес «киберқауіптер» деп аталатын жаңа қауіп-қатерлер қауіпсіздік жүйелерінің жаңа класына сәйкес келеді: киберқауіпсіздік цифрлық жүйелері.

Қазіргі уақытта жаңа ғылыми бағыт пайда болды деп айтуға болады - өнеркәсіптік желінің қауіпсіздігі. Осыған байланысты өнеркәсіптік басқару жүйелерінің және зиянды бағдарламалық қамтамасыздандырудың бастапқы кодтарының көптеген осалдықтары зерттелді.

Өнеркәсіптік басқару жүйелеріне арналған қауіпсіздік саясатын әзірлеу үшін жақсы негіз болып ANSI / ISA99 өнеркәсіптік автоматика және басқару жүйелерінің киберқауіпсіздігін қамтамасыз ету болып табылады. Стандарттар киберқауіпсіздікті, модельдерді, қауіпсіздік жүйесінің жеке элементтерін қамтамасыз етудің жалпы тұжырымдамасын сипаттайды, олар өнеркәсіптік басқару жүйелеріне қолданылады, олар өз кезегінде IEC 62443 «Басқару жүйелерінің қауіпсіздігі» стандартының негізгі құжаттары болып табылады.

IEC 62443 өнеркәсіптік желінің қауіпсіздігін арттыру жолдарын сипаттайды. Бұл өнеркәсіптік қауіпсіздікке қатысты, кез келген салаға сілтеме жасамай. Бүгінгі күні осы стандартқа сәйкес жасалған өнеркәсіптік брандмауэрлер нарықта қол жетімді, бұл сізге PLC немесе OPC серверлерімен қауіпсіз аймақтарды ұйымдастыруға мүмкіндік береді.

Кейбір салаларда желінің қауіпсіздік стандарттары бар, мысалы, NERC CER стандарты Солтүстік Американың энергиясына арналған. Сертификаттау ерікті рәсім болып табылатын IEC 62443-тен айырмашылығы, NERC CIP АҚШ-та міндетті болып табылады.

Бірқатар корпорациялар қауіпсіздік стандарттарын ғана емес, сонымен бірге оны қамтамасыз етудің ережелерін, қызметкерлерді сертификаттау жүйесін де жасайды. Әрбір ұйымның жеке қауіпсіздік саясаты болғанымен, кейбір факторларды атап өту керек:

- қашықтықтан қол жетімділік;
- портативті сақтау құралы;
- жаңартулар мен түзетулерді орнату;
- антивирустық қорғауды басқару;
- аппараттық және бағдарламалық жасақтаманы ауыстыру;
- резервтік көшірмелерді жасау және қалпына келтіру;
- оқыс жағдайлар туындаған кездегі әрекеттер.

Қауіпсіз технологиялық желіні қалыптастыру терең қорғау қағидатын қолданудан тұрады. Осы қағидаға сәйкес, өнеркәсіптік кәсіпорынның деректер желісін қорғау желі периметрін брандмауэрмен қорғаумен шектелмейді. Өнеркәсіптік желіні бөлу керек, ал маңызды аймақтар қауіпсіз аймақтарға көшуі керек. Әрбір аймақ жеке өнеркәсіптік брандмауэрмен қорғалуы керек, бұл аймақтар арасындағы қажетті байланыстарды қамтамасыз ету кезінде қауіпсіздіктің жоғары деңгейін қамтамасыз етеді. Өнеркәсіптік брандмауэрлердің ерекшелігі - олар өнеркәсіптік MODBUS немесе OPC протоколдары үшін оңтайландырылған. Мамандандырылған байланыс хаттамаларын сүзгілеу үшін нәзік параметрлердің болуы желінің маңызды сегменттеріне қол жеткізуді шектеуге мүмкіндік береді.

Киберқауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін техникалық шешімдерден басқа, ұйымдастырушылық мәселелерге, атап айтқанда қызметкерлермен жұмыс жасауға көп көңіл бөлу керек. Кәсіпорынның қызметкерлері ақпараттық қауіпсіздік құралдарына және ережелеріне ие болуы керек. Ол белгіленген саясатпен, рәсімдермен және стандарттармен таныс болуы керек. Технологиялық процестерді(ТП) басқарудың автоматтандырылған жүйелерінің(БАЖ) мамандары өнеркәсіптік сектордың АТ қауіпсіздігін қамтамасыз етудің шектеулі тұжырымдамасы бар екенін ескере отырып, кәсіпорында жүзеге асырылатын міндетті бағдарламаны қалыптастыру арқылы осы мәселенің маңыздылығын жеткізу керек. Персоналдың әртүрлі санаттары олардың жауапкершілік аймағына қатысты рөлдермен таныс болуы керек. Мысалы, персоналды санаттарға бөлуге болады: келушілер, мердігерлер, операторлар, инженерлер, қызмет көрсететін персонал, менеджерлер. Бірінші санаттағы қызметкерлерге (келушілерге) қандай әрекеттер рұқсат етілген және тыйым салынғандығы туралы нұсқау берілуі керек. Өндіріс орнында инженерлік құрам қауіпсіздік шараларын қолдана білуі керек, менеджерлерден БАЖ жүйелерінің қауіпсіздігіне қатер төнген жағдайда әрекеттер алгоритмдерін білу қажет.

Бүгінгі таңда Қазақстандағы өнеркәсіптік объектілердің киберқауіпсіздігін қамтамасыз етудегі басты проблема - бұл тиісті әдістер мен құралдармен бірге, БАЖ мамандарының осы құралдарды қолданудың маңыздылығын түсінбеуі. Әр түрлі себептермен сыни сайттардың иелері ақпараттық қауіп-қатерді бағаламайды. Ақпараттық аудит, ену тесті, осалдықты сканерлеу, қызметкерлерді оқыту және т.б. сияқты қажетті процедуралардың айқын кемшілігі бар. Қазақстанда өнеркәсіптік киберқауіпсіздік үшін міндетті стандарттар әлі жоқ. Қазіргі уақытта ақпараттық қауіпсіздік жөніндегі маманға оның өндірістік бақылау жүйесінің тиісті деңгейін қамтамасыз ету үшін қажетті шараларды ұсынатын бір де бір қарапайым және түсінікті әдіснамасы жоқ.

Сонымен қатар, жауапты технологиялық қондырғылардың жұмысына өзгерістер енгізудің қазіргі қолданыстағы күрделі бюрократиялық процедурасы оның кері әсерін тигізеді. Кәсіпорынның қатаң ережелері мен нормативтік актілері қазірдің өзінде сертификатталған жүйеге, тіпті амалдық жүйені жаңарту түрінде де өзгерістер енгізуге мүмкіндік бермейді. Бағдарламалық жасақтаманы тестілеу процедураларында жүйелерді қабылдау кезінде оларда көбінесе кірістірілген ақпараттық қауіпсіздік қасиеттері тексерілмейді. Қауіпсіздіктің өзі, өкінішке орай, қолданушының парольге қол жетімділігін шектеуге негізделеді, ол көбінесе қосымшаның өзінде немесе мониторға жабыстырылған қағазда ашық сақталады.

Егер ТП БАЖ-де қолданылатын есептеу техникасы туралы айтатын болсақ, онда ол, әдетте, ескірген ішкі орындалатын кодымен бірге іске қосылады. Өндірушінің веб-сайтында ақпараттық қауіпсіздіктің бірқатар белгілі мәселелерін шешуге болатын ең соңғы бағдарламалық жасақтама бар, бірақ ешкім оны қажет етпейтіндіктен, олардың жай-күйі кезінде де олардың болуын тексермейді.

Әдетте, бұл технологиялық процестерді автоматтандыруға қатысатын кәсіпорындардың өздері емес, ең алдымен жобаның тек функционалды компонентін жүзеге асыруға мүдделі үшінші тарап мердігерлік фирмалар екенін ескеру қажет, өйткені бұл олар алатын жүйенің қасиеттері. ақша. Осыған байланысты олар үшін ақпараттық қауіпсіздік функцияларын сауатты іске асыру қосымша шығындарды талап етеді. Осылайша, тапсырыс беруші киберқауіпсіздік қажеттілігін түсініп, мердігерлерге тиісті міндеттерді қойып, олардың орындалуын бақылауы керек.

Киберқауіпсіздікті қамтамасыз ету міндеттерін кибер кеңістікті қорғаудың бұзылу механизмдерін талдау, деструктивті әсерлерді модельдеу ретінде жүйелеуге болады; киберқауіпсіздікті басқару, қорғалатын объектінің тұрақтылық аймағын анықтау, киберқауіптерді талдау, киберкеңістік үшін стандарттар мен қауіпсіздік стандарттарын жасау; киберкеңістік қорғаныстарын синтездеу және киберкеңістік компоненттерінің қазіргі жағдайы мен жұмыс істеуін бақылау. Осыған сәйкес қазіргі қауіпсіздік парадигмасы мыналарды қамтиды:

1. Ашықтықты, икемділікті және үлестіруді ескеретін қол жеткізуді басқару модельдерін қайта қарау. Модельдер уақытша логикаға негізделуі керек.

2. Виртуализация технологиясын «қорғалған жүйе» түсінігінен (белгіленген қауіптер жиынтығынан) «болжалды мінез-құлқы бар жүйе» ұғымына өтуге мүмкіндік беретін қорғаудың қуатты құралы ретінде қабылдау.

3. Ақпаратты өңдеу ортасы мен қорғау құралдарын бөлу қағидатын іске асыру.

4. Динамикалық сипаттамалардың әсерінен (инерциядан) тұрақтылық зонасы ұғымымен автоматты реттеу объектісі ретінде динамикалық қорғауды басқарудың теориялық негіздерін (қазіргі қауіптерге бейімдеу) құру

5. Жүйелердің ашықтығын (Интернетке қосылу) ажырамас меншік ретінде қабылдау және мынаны ескере отырып, қорғаныс құрылысын салу:

6. Серпімділікті (жүйенің икемделуі) және масштабталуын бағалау негіздерін жасау. Шабуылдарды, вирустарды, руткиттерді, құрттарды, RPS және басқа зиянды бағдарламаларды анықтаудың жаңа принциптерін әзірлеу.

7. Жаңа шабуыл сценарийлерін, сканерлеу жүйелерін құру, өндірісті басқаруға араласу, криптанализ жасау үшін суперкомпьютерлерді пайдалану мүмкіндігін ескеру. Біздің кибер соғыс дәуіріне кіргенімізді ескерсек, суперкомпьютер - бұл жаңа қару-жарақтарды жасау мүмкіндігі.

8. Қауіпсіздік құралдарын дамытудың қазіргі тенденцияларын талдау, шартты түрде статикалық, белсенді, бейімделгіш және динамикалық деп анықталатын қорғау технологияларына негізделген қорғаныс парадигмалары өзгеріп отырады деген қорытынды жасауға мүмкіндік береді. Қорғау технологиясын осындай жіктеу идеясы басқару теориясынан алынған. Басқару теориясы мен ақпаратты қорғау теориясындағы мақсаттардың айырмашылығына қарамастан, осы мақсаттарға жету үшін қолданылатын және белгілі бір мемлекеттер жиынтығында жүйені ұстауға бағытталған тәсілдердің ұқсастығы байқалады. Сонымен қатар, басқару теориясының неғұрлым ұзақ тарихы бар және соған байланысты бай терминологиялық база бар. Басқару әдістерінің жіктеуіші негізінде критерийлер жиынтығы әдетте келесі параметрлерден тұрады:

1. кері байланыстың болуы - жалпы жағдайда кері байланыс контроллері әртүрлі өлшенген мәндерді қолдана алады және реттелетін объектіде бірнеше басқару әрекеттерін тудырады;

2. адаптивті басқару циклінің болуы - басқару цикліне салынған, оның мақсаты реттеушінің ішкі параметрлерін белгілі бір өлшемдер жиынтығымен сипатталатын оңтайлы нәтижеге жету үшін - сапа көрсеткіштері;

3. кері байланыс тобында жүйенің күйін болжауға арналған функциялардың болуы - жүйені және оның ортасын сипаттайтын индикаторларға сүйене отырып, жүйенің дамуын болжайтын көптеген шартты сценарийлер құрылды. Болжам реттегіштердің кірісімен қамтамасыз етіледі және ағымдық бақылау әрекетінің қалыптасуына әсер етеді.

Жоғарыда аталған критерийлерге сүйене отырып, қолданыстағы қорғаныс технологияларын біркелкі жіктеуге болады - сыныптардың әрқайсысы үшін тізбектің белгілі бір комбинациясы тән. Статикалық қорғаныс технологиясында басқару функциялары уақыт өте келе өзгермейді, ал жұмыс режимі қорғаныс объектісінің шығу күйінің бақылау әрекеттерінің және басқа да тұрақсыздандыратын факторлардың тұрақты мәндеріне тәуелділігі функциялары арқылы сипатталады, кері байланыс, бейімделу бақылауы және жүйенің күйін болжау мүмкін емес. Белсенді қорғаныс технологиясы кері байланысты статикалық енгізуді толықтырады - қорғаныс объектісін эксперименттік сынаудың нәтижелері қауіпсіздік жүйелерінің реттелетін параметрлерін өзгерту үшін қолданылады. Адаптивті қорғаныс технологиясы, сәйкесінше, адаптивті басқару тізбегін қажет етеді - қауіпсіздік жүйесінің параметрлері мезгіл-мезгіл өзгертіліп отырады, сондықтан қорғау тиімділігінің индикаторлары (бақылау кезінде қорғалған объектінің сипаттамалары негізінде есептеледі) максимумға жетеді. Динамикалық қорғаныс технологиясы аясындағы басқару мақсаты - қорғалған объектімен және оның инфрақұрылымымен өзара әрекеттесу арқылы «ұшуда» жүйенің күйіндегі қажетсіз өзгерістердің динамикалық өтелуі. Динамикалық қорғаудың негізгі ерекшелігі - қорғалған жүйені қорғаныс жүйесі тұрақты емес уақытқа ие сызықтық емес динамикалық объект ретінде түсіндіреді, ал қорғаныс жүйесінің өзі дискретті-үздіксіз болады.

Өндірістік жүйелерге шабуылдардың көбеюі олардың құрылымының өзгеруімен, цифрландырумен және қауіпсіздіктің жаңа мәселелерінің туындауымен байланысты. Телекоммуникация арналары арқылы жұмыс жасайтын немесе кәсіпорынның корпоративтік желісінің ақпараттық ресурстарына қол жеткізе алатын қазіргі зиянкестердің өндіріске әсер ету мүмкіндігі бар.

Бұл жағдайда ақпараттық қауіпсіздіктің бөлігі ретінде киберқауіпсіздікті дамыту маңызды бағытқа айналады. Киберқауіпсіздік цифрлық өндірістің киберфизикалық жүйелерін қорғаудың тәсілдерін, әдістерін және құралдарын біріктіреді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Заседание Совета безопасности от 25.09.2019 // Акцентирование внимания Елбасы на угрозах кибербезопасности.

[2] Шваб К. Четвертая промышленная революция // К. Шваб — «Эксмо», 2016 — (Top Business Awards)

[3] Анненков М. Основы киберустойчивости на финансовом рынке. // «!Безопасность Деловой Информации». Киберустойчивость. No 17 2017.

[4] Васильев Ю.С. Проблемы безопасности цифрового производства и его устойчивость к киберугрозам // Ю.С. Васильев, Д.П. Зегжда, М.А. Полтавцева. Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2017. № 4. С. 47-63.

[5] Зегжда П.Д., Систематизация киберфизических систем и оценка их безопасности // П.Д. Зегжда, М.А. Полтавцева, Д.С. Лаврова Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2017. № 2. С. 127-138.

[6] Ivanova N., Korobulina O. Methods of analysis for the information security audit // New Trends in Information Technologies. ITHEA, Sofia, 2010. С. 152–161.

[7] Просянников Р.Е. Избавиться от заблуждений. Виды аудита информационной безопасности // Connect! Мир связи, 2004. № 12. С. 148–151.

[8] Джарратано Дж., Райли Г. Экспертные системы. Принципы разработки и программирование. М.: Издат. Дом «Вильямс», 2007. 1152 с.

[9] Суханов А.В. Моделирование средств оценки защищенности информационных систем. Санкт Петербургская региональная конференция «Информационная безопасность регионов России2007 (ИБРР-2007)». СПб, 2007. С. 102–104.

[10] Суханов А.В. Подход к построению защищенных информационных систем // Информационные технологии, 2009, № 6. С. 57–61.

[11] Нестерук Г.Ф. Адаптивные средства обеспечения безопасности информационных систем / Г.Ф. Нестерук, А.В. Суханов; Под ред. Л.Г. Осовецкого. СПб. Изд-во Политехнического университета, 2008 г. С. 148–159.

[12] Бегишев И.Р. Безопасность критической информационной инфраструктуры Российской Федерации // Безопасность бизнеса. 2019. № 1 27–32б.

[13] Храмогин, П.А. Принципы информационной безопасности // Молодежь и наука: сборник материалов X Юбилейной Всероссийской научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием, посвященной 80-летию образования Красноярского края [Электронный ресурс].

[14] Грошева Е.К., Невмержицкий П. И., 2017 Информационная безопасность: современные реалии //

Жанибек Казыбек би Галымулы

Разработка базы знаний и программы оболочки для анализа аномалий и киберугроз на сети предприятия.

Ключевые слова: информация, информационная безопасность, кибербезопасность, защита информации, кибератака, информационная угроза.

I.M. Kemelbekov, B.M. Smagulov, A.E. Sergazin, D.A. Koshabayev

DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR THE DETECTION OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR AND ALERTS BY PUSH-NOTIFICATIONS

Abstract. The main objective of this work was to study existing methods and models for detecting harmful substances in the air to substantiate the relevance of the development of an intelligent system, which should become an innovation in the market for methods of timely elimination of leaks of harmful substances. This system will help people save time and money, as well as protect people from accidents. The listed reasons serve to achieve the task of work and bring benefits to others, such as from the owners of premises in the form of improving the quality of tracking the leak.

Keywords: harmful substances, intelligent system methods, models

И.М. Кемельбеков, Б.М. Смагулов, А.Э. Сергазин, Д.А. Кошабаев
(Алматинский университет энергетики и связи им. Г. Даукеева, Казахстан, Алматы.
Email: i.kemelbekov@mail.ru)

РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВОЗДУХЕ И ОПОВЕЩЕНИЯ ПУТЕМ PUSH-НОТИФИКАЦИЙ

Аннотация. Основной задачей данной работы было изучение существующих методов и моделей обнаружения вредных веществ в воздухе для обоснования актуальности разработки интеллектуальной системы, которая должна стать новшеством на рынке методов своевременного устранения утечек вредных веществ. Данная система поможет людям сэкономить время и деньги, а также защитить людей от аварий. Перечисленные причины служат для достижения задачи работы и принесения пользы для окружающих, как например со стороны собственников помещений в виде повышения качества слежения за утечкой**.**

Ключевые слова: вредные вещества, интеллектуальная система методы, модели.

Введение. Проведение различных видов работ связано с возможностью контакта человека с вредными веществами. Вредными являются вещества, которые при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности могут вызвать производственные травмы, профессиональные заболевания или отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами, как в процессе работы, так и в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений.

Вредные вещества могут поступать в организм человека через дыхательные пути, желудочно-кишечный тракт, неповрежденную кожу и слизистые оболочки глаз. Через дыхательные пути вредные вещества проникают в организм в виде газов, паров, аэрозолей. Большая часть производственных отравлений возникает в результате вдыхания вредных веществ.

Нормативными документами по охране труда устанавливаются предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе на рабочем месте работника.

ПДК вредных веществ - концентрации, которые при ежедневной работе (не более 40 ч в неделю) на протяжении всего рабочего стажа не могут вызвать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований

Актуальность работы. В связи с ежегодным ростом уровня профессиональной заболеваемости работников угольной отрасли особую актуальность приобретает охрана их здоровья и создание безопасных условий труда. На решение этих задач направлено принятие федеральных законов «Об основах охраны труда», «Об обязательном социальном страховании от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний» и Трудового кодекса РК. Эти документы предписывают проведение на всех предприятиях, независимо от форм собственности, проведение аттестации рабочих мест по условиям труда. Аттестация рабочих мест является системой анализа и

оценки рабочих мест для планирования и проведения мероприятий по улучшению условий труда, сертификации работ по охране труда, обоснования предоставления льгот и компенсаций, решения вопроса о связи заболевания с профессией.

Со статистикой загрязнений воздуха в Казахстане можно ознакомиться на рисунке 3.

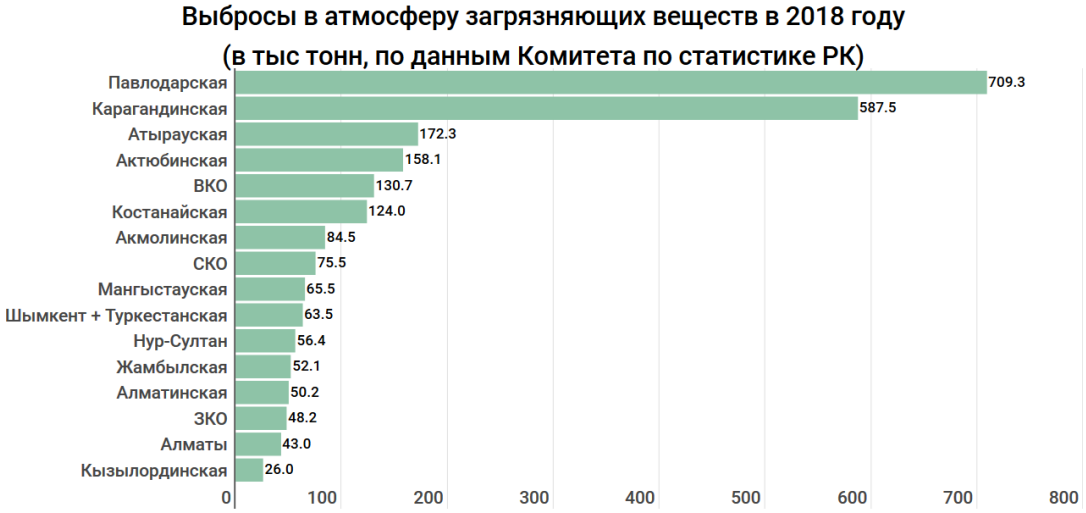


Рис. 3. Статистика загрязнения воздуха

Методы обнаружения газов.

Все работающие в шахтах должны хорошо знать все виды рудничных газов и иметь ясное представление об опасностях, которые они представляют. Необходимо также общее представление о приборах и системах для обнаружения газов. Те, кто будет работать с этими приборами, обязаны знать во всех деталях возможности и ограничения их применения, а также какие газы можно определять с их помощью.

Даже без приборов органы чувств человека способны уловить физические и химические процессы, сопровождающие самопроизвольное возгорание. В этом случае воздух в системе вентиляции нагревается и насыщается влагой, поверхностной и содержащейся в толще породы, которая испаряется из-за повышения температуры. Когда в месте разделения вентиляционной воздушной струи этот нагретый воздух встречается с более холодным, происходит конденсация, образуется туман, и в штреках с исходящей вентиляционной струей на поверхностях появляется выпот. Другой признак - характерный запах нефти или бензина, затем появляется дым и, наконец, видимый глазом огонь.

Окись углерода (CO), который не имеет запаха, появляется в достаточных для его обнаружения концентрациях при температурах на $50-60^{\circ}C$ ниже, чем характерный для самопроизвольного возгорания запах. Поэтому большинство систем пожарной сигнализации основаны на регистрации увеличения концентрации окиси углерода выше нормального фонового уровня для данной шахты.

Иногда нагрев обнаруживает человек, уловивший на какую-то долю секунды легкий запах. Может понадобиться повторить тщательную проверку зоны возможного возгорания много раз, прежде чем прибор уловит доступные для определения концентрации окиси углерода. Поэтому никому из находящихся в шахте нельзя ослаблять бдительность, а заранее спланированные на случай возгорания меры должны приниматься при первых признаках пожара или хотя бы подозрении о нем. К счастью, благодаря заметному прогрессу в области пожарной сигнализации, достигнутому с 1970-х гг. (например, детекторные трубки, карманные электронные детекторы, стационарные компьютерные системы), сейчас уже нет необходимости полагаться только на собственные органы чувств.

Портативные приборы для обнаружения газов.

Эти приборы предназначены для того, чтобы обнаруживать и отслеживать присутствие в воздухе самых разнообразных газов в широком спектре концентраций, которые могут привести к пожару, взрыву, отравлению воздуха или дефициту кислорода, а также для того, чтобы обеспечить раннее оповещение о самопроизвольном возгорании. Приборы используются для обнаружения таких газов,

как окись углерода (CO), углекислый газ (), диоксид азота (NO_2), сероводород (H_2S), диоксид серы (SO_2). Существуют различные типы CO_2 приборов, но перед тем, как решить, какой из них использовать в данной конкретной ситуации, следует ответить на следующие вопросы:

1. Почему необходимо проверить наличие того или иного газа (газов)?
2. Каковы свойства этих газов?
3. Где и при каких условиях они встречаются?
4. Какой прибор или приспособление лучше всего подходят в этих условиях?
5. Как этот прибор работает?
6. Каковы ограничения его применения?
7. Как следует интерпретировать результаты измерений?

Рабочих следует научить правильно обращаться с портативными газовыми детекторами. Хранение приборов и уход за ними должны осуществляться в соответствии с рекомендациями фирмы-производителя.



Рис. 2. Портативный прибор для обнаружения газов

Универсальные детекторные наборы.

Детекторный набор состоит из насоса с подпружиненным поршнем или сильфонного типа и ряда одноразовых стеклянных индикаторных трубок, содержащих реактивы на конкретный газ. Рабочий объем насоса 100 $см^3$; с ним можно работать одной рукой. Проба воздуха такого объема проходит через индикаторную трубку перед тем, как попасть на сильфон. Предупредительная метка на градуированной шкале соответствует нижнему уровню обесцвечивания, а не самой глубокой точке проникновения цвета.

Устройство просто в употреблении и не требует калибровки. Однако нужно помнить об определенных мерах предосторожности:

1. Индикаторные трубки (на которых должна стоять дата выпуска) обычно имеют срок годности два года.

2. Индикаторная трубка может повторно использоваться до десяти раз, если она не обесцветилась.

3. Общая точность каждого определения обычно находится в пределах 20%.

Трубки для ртути не разрешается применять под землей из-за выделения большого количества тепла.

1. При определении окиси углерода в небольших концентрациях в присутствии дизельных выхлопов или высокомолекулярных углеводородов, которые могут содержаться в воздухе после взрыва, необходимо пользоваться "предтрубкой", заполненной активированным углем. Выхлопной газ

перед пропусканием через трубку должен быть пропущен через охладитель, чтобы его температура была ниже $40^{\circ}C$.

2. Трубки для кислорода и метана не разрешается использовать под землей из-за их неточности.



Рис. 3. Универсальные детекторные наборы

Метанометры каталитического типа.

Метанометр каталитического типа используется в шахтах для определения концентрации метана в воздухе. В нем имеется датчик, работающий на принципе системы из четырех спиральных проволочек (обычно катализаторных нитей), образующих симметричный контур, известный как мостик сопротивления. Обычно две катализаторных нити активны, а две пассивны. Активные нити или бусинки обычно покрыты слоем катализатора - оксида палладия, чтобы вызвать окисление горючего газа при более низкой температуре.

Метан попадает из атмосферного воздуха в пробник либо путем диффузии через металлизованный диск, либо всасывается через аспиратор или внутренний насос. Нажатием кнопки на метанометре замыкают контур, и ток, проходящий через мостик сопротивлений, окисляет метан на каталитических (активных) нитях в пробнике. Теплота этой реакции повышает температуру катализаторных нитей, увеличивая их сопротивление и сдвигая равновесие в мостике. Протекающий ток пропорционален сопротивлению элемента и, следовательно, количеству метана в воздухе. Эта величина отражена на выходном индикаторе, отградуированном в процентном содержании метана. Эталонные элементы, включенные в цепь мостика сопротивлений, служат для внесения поправок на внешние условия, такие как температура и атмосферное давление.

У этого прибора целый ряд важных ограничений:

1. Чтобы прибор работал, необходимо присутствие как метана, так и кислорода. Если содержание кислорода в пробнике ниже 10%, то не весь метан, попавший на детектор, будет окислен, и показания будут занижены. Поэтому этот прибор не следует использовать для измерения уровня метана в воздухе сразу после взрыва, а также в герметически закрытых помещениях с низким содержанием кислорода в воздухе. Если пробник содержит чистый метан, прибор вообще ничего не покажет. Соответственно, кнопку пуска следует освободить перед тем, как вносить прибор в предполагаемый метановый слой, чтобы в пробник попало некоторое количество воздуха, содержащего кислород. Наличие метанового слоя подтверждается, если прибор сначала зашкалит, а потом стрелка вернется на шкалу (когда будет связан весь кислород, оставшийся в пробнике).

2. Каталитический метанометр уловит и другие горючие газы, кроме метана, например, водород и угарный газ. Поэтому показания прибора в зоне недавнего взрыва или возгорания нельзя однозначно интерпретировать.

3. Приборы с диффузионной рабочей частью необходимо защищать от быстрого тока воздуха, иначе показания будут неверны. Можно просто заслонить прибор от ветра (например, рукой).

4. Приборы с катализаторными нитями могут не реагировать на метан, если нить при калибровке или измерении контактировала с некоторыми из распространенных ядовитых газов (например, с силиконами, содержащимися в жидкостях для полировки мебели и натирки полов и в красках, с эфирами фосфорной кислоты, которые присутствуют в рабочей жидкости гидравлического оборудования, и с фтороуглеродами, используемыми как газ-вытеснитель в аэрозольных упаковках).

5. Метанометры, использующие принцип мостика сопротивлений, могут давать ошибочные показания при изменении угла наклона прибора. Эти ошибки можно свести к минимуму, если прибор держать под углом 45° к вертикали при калибровке и измерении.

6. Метанометры могут давать ошибку при изменении температуры воздуха. Эти ошибки можно свести к минимуму, если откалибровать прибор при той же (примерно) температуре, при которой он будет использоваться в шахте.



Рис. 4. Метанометр каталитического типа

Исследовав данные методы обнаружения вредных веществ, мною был сделан вывод, что данные методы очень практичны и востребованы в наше время, тем не менее их можно дополнить новыми технологиями, которые сделают их более коммуникабельными и эффективными.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Сборник региональных нормативов на содержание токсичных веществ и дымность отработавших газов по группам автотранспорта, эксплуатаруемого в Санкт-Петербурге и Ленинградской области (СРН-А/Т-96). С.-Пб. - 1996. -12с.

[2] Стратегия и политика в области уменьшения загрязнения воздуха. Записка секретариата ЕЭК ООН.20.II. 1985-2002. 88 с.

[3] Сводный том "Охрана атмосферы и нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ)" для г.Сыктывкара. СПб, - 2002. -399с.

[4] Сводный том "Охрана атмосферы и нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ)" для г.Астрахань. СПб, - 2004. -260с.

[5] Сводный том "Охрана атмосферы и нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ)" для города Архангельска для нужд муниципального образования "Город Архангельск" СПб, 2008. -288с.

[6] Сводный том "Охрана атмосферы и нормативы предельно допустимых выбросов (ПДВ)" для г.Череповец. -М., 2005. -310с.

[7] Справочник по удельным показателям выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для некоторых производств- основных источников загрязнения атмосферы, СПб, 2005. -125с.

[8] Справочное руководство по кадастрам атмосферных выбросов КОРИНЭЙР/ЕМЕП (Atmospheric Emission Inventory Guidebook CORINAIR/EMEP), 2006. -58 с.

[9] Токсичность двигателей внутреннего сгорания и пути ее снижения. Доклады участников симпозиума. М., 1986, 408с.

[10] Федеральный' закон от 27.12.2002 № 184-ФЗ «О техническом регулировании»; 26 с.

[11] Федеральный закон "О запрете производства и оборота этилированного бензина в Российской Федерации", принятый Государственной думой 7 марта 2003г. и одобренный Советом Федерации 12 марта 2003г. -1 с.

[12] Федеральный Закон "Об охране атмосферного воздуха", М., 1999. -36с.

[13] Федеральный Закон "Об охране охране окружающей среды", — М., 2002. -43с.

[14] Фельдман Ю.Г. Гигиеническая оценка автотранспорта, как источника загрязнения атмосферного воздуха. М., Медицина, - 1975. -159с.

[15] Финзи Г., Тебальди Г. Математическая модель для прогноза и предупреждения о загрязнении воздуха в городской зоне. Сб. докладов на международном совещании ВМО РА-VI. - 1984., -С.31-39.

[16] Франк-Каменецкий Д.А., Шпакова Е.Н. Использование модельных расчетов загрязнения атмосферного воздуха для поддержки принятияуправленческих решений в сфере городского планирования. Сборник трудов НИИ Атмосфера. СПб.: НИИ Атмосфера, 2009, С. 157-168.

[17] Фролов Ю.Н. Защита окружающей среды в автотранспортном комплексе: Учеб. пособие. -М., 1997.-71 с.

[18] Хватов В.Ф. Методы и средства контроля и диагностики вредных веществ в отработавших газах автотранспорта. Автореферат диссертации. -С.-Петербург, 1994. -43 с.

[19] Шапорева Н.А. Краткосрочный прогноз загрязнения водуха в Свердловске с учетом содержания различных примесей. Сб.работ Гидрометеоцентра. - вып.2 (15). - Гидрометеорологические прогнозы и расчеты. - Jl. - Гидрометеоиздат. - 1989, -С.38-44.

[20] Шевчук И.А. и др. Из опыта прогнозирования загрязнения атмосферы в Новосибирске. Труды ЗапсибНИГМИ, - 1977. - Вып.27, -С. 125-129.

[21] Что такое ArcGIS. Описание программных продуктов семейства ArcGIS. -45с.

[22] Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха, источники и контроль. М: Мир, - 1980.-539с.

[23] Aim Alvin. Two promising steps. Environ. Sci. and Technol. - 1989 - 23, N 8, - P.937.

[24] Benson P., 1992. A review of the development and application of the CALINE3 and 4 models. Atmos.Environ.26B:3, -P.379-390.

[25] Berlyand M.E., Burenin N.S., Genihovich E.L. Experimental investigation of atmospheric pollution due to motor vehicles.// Proc. Sov. American. Symp on mobile sourses of air pollution. V.l.St.Petersburg.- 1992. -P. 105-121.

[26] Bremer Pia. Assessment of two method to predict S02 concentrations in the Helsinki area. Finnish meteorological institute. - Helsinki, - 1993. -43p.

[27] Bretschneider Boris, Kurfurst Yiri. Air pollution control technology. -Amsterdam etc.: Elsevier, 1987 296 p. - Fundam.Aspects Pollut.contr. and Environ. Sci:, Vol. -8p.

[28] Bridgman A, Davies T.D., Jickells T. Air pollution from the Krusne Hory region in the Czech Republic during the 1990 s\\ Problems of atmospheric boundary layer physics and air pollution. - 2002. -363 p. - P.230 - 252.

[29] Chang T.Y., Rudy S.J., Kuntasal G., Gorse R.A. (Jr). Impact of methanol vehicses on ozone air quality. Atmos.Environ. - 1989 - 23. - N 8, - P. 16291644.

[30] Chock D.P, 1978. A simple Line-Source Model for Dispersion Near Roadways, Atmos.Environ. 12, P.823-829.

[31] Donchenko V.K Ecological problems of the Baltic Sea region \\ Role of regional planning for the transportation complex and sustainable development of Saint-Petersburg 2002. - 79, - P. 18-22.

[32] Davis S.C. Policing the European environment. Chem and ind. - 1989 - N 4, -P.96-99.

[33] Environmental perspective to year 2000 and beyond: a framework for world development. Dabholkar Uttam. - Environ. Comserv. - 1989. - 16 N 1, -P.49-53, 64.

[34] Eskridge R. and Rao S., T. Turbulent Diffussion Behind Vehicles: Experimentally Determined- Turbulence Mixing Parameters. Atmos. Environ.20,1986, -P.851-860.

[35] Eskridge R. and Catalano, J.,. ROADWAY A numerical model for predicting air pollutants near highways - user's guide. EPA-68-02-4106, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina, 1987.- 125p.

Кемельбеков И.М., Смагулов Б.М., Сергазин А.Э., Кошабаев Д.А.

PUSH-нотификациялар арқылы ауадағы зиянды заттарды анықтауға және таратуға арналған зияткерлік жүйені құру

Түйіндеме. Бұл жұмыстың негізгі мақсаты зиянды заттардың ағуын уақтылы жою әдістерінің нарықтағы жаңашылдыққа айналуы қажет зияткерлік жүйенің дамуының өзектілігін негіздеу үшін ауадағы зиянды заттарды анықтаудың қолданыстағы әдістері мен модельдерін зерттеу болды. Бұл жүйе адамдарға уақыт пен ақшаны үнемдеуге, сонымен қатар адамдарды жазатайым оқиғалардан қорғауға көмектеседі. Көрсетілген себептер жұмыс мақсатына жетуге және басқаларға пайда әкелуге, мысалы, үй-жайлардың иелерінен ағып кетуді бақылау сапасын жақсартуға көмектеседі.

Кілт сөздер: зиянды заттар, зияткерлік жүйелік әдістер, модельдер.

УДК 004.85

Y.G. Kenzhebek[1], T.S. Imankulov[1], D.Zh. Akhmed-Zaki[2]
([1]al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan,
[2]University of International Business, Almaty, Kazakhstan,
E-mail: kenzhebekyerzhan@gmail.com)

PREDICTIONS OF OIL PRODUCTION BY THE POLYNOMIAL REGRESSION METHOD

Annotation. This article presents the work of predicting oil production using machine learning methods. As a machine learning method, a multivariate linear regression algorithm with polynomial properties was implemented. The synthetic dataset was obtained using the Buckley-Leverett mathematical model, which is used to calculate hydrodynamics and determine the saturation distribution in oil production problems. Various combinations of parameters of the oil production problem were selected, where porosity, oil phase viscosity and absolute rock permeability were taken as input parameters for machine learning. And as an output parameter, the value of the oil recovery factor was chosen. To test the polynomial regression algorithm, 10,086 data pairs were used. The Python programming language was used as a runtime for machine learning. Various degrees of polynomial regression were deployed and tested, and it was also found that for our synthetic data, the quadratic polynomial model is quite well trained and perfectly predicts the value of the oil recovery coefficient. To solve the overfitting problem, a regularization of the form L1, known as the Lasso regression method was applied. For a quadratic polynomial regression model, the coefficient of determination R^2 is 0.96, which is a fairly good result for the test data.

Key words: enhanced oil recovery, machine learning, regression method, polynomial regression, regularization.

Е.Ғ. Кенжебек[1], Т.С. Иманкулов[1], Д.Ж. Ахмед-Заки[2]
([1]Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Казахстан,
[2]Университет международного бизнеса, Казахстан,
E-mail: kenzhebekyerzhan@gmail.com)

ПРЕДСКАЗАНИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕТОДОМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ РЕГРЕССИИ

Аннотация. В данной статье представлена работа предсказание добычи нефти с использованием методов машинного обучения. В качестве метода машинного обучения был реализован алгоритм многомерной линейной регрессии с полиномиальными свойствами. Синтетический набор данных был получен с помощью математического моделя Баклея-Леверетта, которая используется для расчета гидродинамики и определения распределения насыщенности в задачах нефтедобычи. Выбраны различные комбинации параметров задачи добычи нефти, где в качестве входных параметров для машинного обучения были взяты пористость, вязкость нефтяной фазы и абсолютная проницаемость породы. А в качестве выходного параметра был выбран значение коэффициента нефтеотдачи. Для тестирования алгоритма полиномиальной регрессии была использована 10086 пар данных. В качестве среды исполнения для машинного обучения был применен язык программирования Python. Развернута и протестированы разные степени полиномиальной регрессии, а также было выявлено, что для наших синтетических данных квадратичная полиномиальная модель довольно хорошо обучается и отлично прогнозирует значение коэффициента нефтеотдачи. Для решения проблемы переобучения была применена регуляризация вида L1, известная как метод регрессии Лассо. Для квадратичной модели полиномиальной регрессии коэффициент детерминации R^2 составляет 0.96, что является довольно хорошим результатом для тестовых данных.

Ключевые слова: повышение нефтеотдачи, машинное обучение, метод регрессии, полиномиальная регрессия, регуляризация.

Введение

Есть много работ связанных с улучшением добычи нефти с использованием методов машинного обучения. В одном из таких работ [1] авторы выясняли, что применение алгоритмов машинного обучения могут оказаться более производительными по сравнению с традиционными вычислениями на регулярной сетке. А так же в данной работе описывается подход к созданию прокси-модели [2, 3] на основе методов машинного обучения, в частности была использована метод случайного леса [4].

В работе [5] рассматривается алгоритмы машинного обучения для оценки коэффициента добычи нефти с использованием комбинации инженерных и стратиграфических параметров. Для набора данных, состоявшийся из 30 параметров были применены модели линейной регрессии и метод опорных векторов. В результате, полученные данные были очень близкими к результатам

перекрестной проверки. Таким образом, авторы данной работы предполагают, что рассмотренные ими методы могут использоваться для прогнозирования добычи в дальнейшем.

Авторы работы [6, 7] рассмотрели применение искусственной нейронной сети (ANN) для прогнозирования дебита добычи нефти. Разработанная модель (ANN) в данной работе [6] прогнозирует дебит нефти с помощью трех параметров. Кроме того, точность модели сравнивались с некоторыми популярными корреляциями, следовательно, авторы утверждают, что разработанная модель отлично согласуется с фактическими данными измерений. А в работе [7] в качестве входного слоя нейронной сети были применены 143 набора данных из 6 параметров. Таким образом, с помощью искусственной нейронной сети типа FFNN авторы получили обнадеживающие результаты для одного из рассмотренного нефтяного месторождения в их исследовании.

В исследовании [8] рассмотрены различные методы машинного обучения для прогнозирования давления в забое скважины, дебита нефти и прогноза обводненности в многофазных производственных задачах. Набор данных в данном исследовании были получены с помощью симулятора пласта ECLIPSE. В этом исследовании авторы применили десять различных методов машинного обучения, кроме этого были учтены влияние многофазного потока и шума данных. Гребневая регрессия и метод регрессии опорных векторов показали лучшие результаты при любых уровнях шума в их исследовании.

Есть несколько работ связанных с применением методов машинного обучения для обработки данных из постоянных скважинных датчиков (PDG) [9]. Данные PDG очень часто являются шумными из-за эксплуатационных изменений, происходящие в скважине. Считается что современные PDG могут записывать данные каждую секунду, таким образом, после нескольких месяцев работы создаются очень большие данные, которые являются трудными к обработке. Следовательно, авторы хотели разработать надежный метод для обработки данных из постоянных скважинных датчиков. В работах Liu и Horne [10, 11] был применен простое ядро и подходы к анализу данных на основе метода сверточного ядра (CK) для интерпретации данных из постоянных скважинных датчиков. Авторы показали, что метод CK отлично удаляет шум, однако выяснилось, что данный алгоритм работает очень медленно [12, 13]. Авторы работы [14] также рассмотрели применение методов машинного обучения для интерпретации данных давления, дебита и температуры из постоянных скважинных датчиков. В данной работе были применены три метода машинного обучения, такие как линейная регрессия (LR), метод ядра и гребневая регрессия ядра. Кроме того, авторы работ показали, что машинное обучение может моделировать сгенерированные данные из PDG, даже когда физическая модель является сложной.

В работе [15] рассматривается использование методов машинного обучения для прогнозирования, существующих и новых скважин. Авторы построили искусственную нейронную сеть, который прогнозирует производительность добычи скважин, используя их собственную историю. Однако авторы не утверждают что прогнозирование с помощью искусственной нейронной сети (ANN) является заменой эмпирического или численного моделирования для прогнозирования добычи скважин. Работа предполагает, что прогнозирование ANN следует использовать для уверенности в методах прогнозирования основанных на данных. Существует другая работа, в котором были построены методы машинного обучения для предсказания добычи скважин Montney и Duvernay [16]. Были рассмотрены несколько методов ML, из которых самой точной моделью для их задачи была выявлена метод случайного леса. Данный метод дал авторам более высокую точность прогноза из-за отсутствия проблем over-fitting, а так же коэффициент детерминации R^2 составила 0.75 для Montney и 0.68 для Duvernay скважины.

Цель данной работы заключается в применении методов линейной и полинамиальной регрессии для предсказания добычи нефти. Сравнение результатов и точности предсказания для обеих методов.

Метод и теория

В данном разделе описывается процесс работы и используемые методы машинного обучения. А так же рассматривается генерация набора данных, обучение и тестирование.

Целью данного исследования является применение методов машинного обучения для прогнозирования добычи нефти. Синтетический набор данных были получены с помощью математической модели Баклея-Леверетта, которая используется для расчета гидродинамики и определения распределения насыщенности в задачах нефтедобычи.

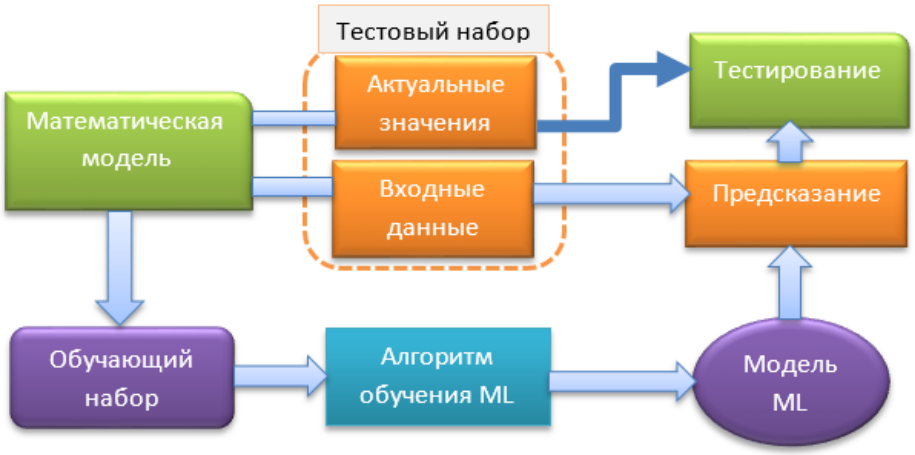


Рис. 1. Процесс построения модели машинного обучения

Рисунок 1 описывает процесс построения модели машинного обучения в данном исследовании. В данной работе полученные синтетические данные из математической модели были разделены на обучающую и тестовую выборку. В исследовании в качестве входных параметров модели машинного обучения были взяты 4 параметра, и в качестве выходного параметра был взят коэффициент нефтеотдачи пласта. Набор данных подробно описывается в следующей главе.

Генерация набора данных

С помощью математической модели Баклея-Леверетта был получен синтетический набор данных. С помощью метода основанного на ансамбле сценариев были получены данные, где в качестве входных параметров были взяты различные комбинации параметров задачи добычи нефти: пористости, вязкости нефтяной фазы и абсолютной проницаемости породы (Таблица 1). А в качестве выходного параметра был выбран значение коэффициента нефтеотдачи пласта.

Таблица 1. Входные параметры

Признаки	Количество вариации
Пористость	41
Вязкость нефтяной фазы	41
Проницаемость	6

Таким образом, в данной работе количество пар выборки составляет 41*41*6 = 10086. С помощью модели Баклея-Леверетта сформированы 6 пакетов синтетических данных для различных показателей проницаемости. Каждый пакет данных содержит значений вязкости, пористости и коэффициента нефтеотдачи.

В каждом запуске рассчитывается значение коэффициента нефтеотдачи пласта. Для исследования динамики коэффициента нефтеотдачи пласта были взяты 40 значении при промежуточной временной итерации для каждой пары выборки. Следовательно, общее количество набора данных составила 10086*40 = 403440.

Вязкость нефти варьируется в интервале 0.1 – 0.5, пористость в интервале 0.1 – 0.3 и различные варианты проницаемости.

Методы машинного обучения

В данной работе рассматривается задача обучение с учителем, которая является одним из классов задач в машинном обучении. Обучение с учителем подразумевает, что целевая функция y и признаки x измеряются, где главной целью является предсказания данных на основе обученных образцов. Наша задача относится к классу регрессионных задач с точки зрения методов машинного обучения. Синтетический набор данных, полученный из математической модели являются абсолютная проницаемость k, пористость p, вязкость μ, временная итерация t и коэффициент нефтеотдачи η. В

нашем случае, коэффициент нефтеотдачи представляется как целевая функция *y*, а остальные четыре данные представляются как признаки *x*.

$$x^{(i)} = \begin{bmatrix} k^{(i)} \\ p^{(i)} \\ \mu^{(i)} \\ t^{(i)} \end{bmatrix}, \ i = 1, \dots, m \tag{1}$$

где $x^{(i)}$ является признаком на i^{th} тренировочном примере.

$$y^{(i)} = \eta^{(i)}, \ i = 1, \dots, m \tag{2}$$

где $k^{(i)}$, $p^{(i)}$, $\mu^{(i)}$ и $t^{(i)}$ - абсолютная проницаемость, пористость, вязкость, временная итерация на i^{th} данных, и m является число тренировочных примеров (training example $m = 403440$). Таким образом, x является $(n_x + 1) \times m$ матрицой, а целевая функция y является $m \times 1$ вектором. Регрессионную модель можно записать в следующем виде:

$$y^{(i)} = h\left(x^{(i)}\right) + \varepsilon^{(i)}, i = 1, \dots, m \tag{3}$$

где модель h описывает шаблон между *x* и *y*, и ε^i является случайной ошибкой модели и измеряет некоторые расхождения. Для выполнения нашей задачи в данном исследовании был выбрана линейная регрессия (LR) и LR с полиномиальными свойствами.

Используя модель линейной регрессии, модель была обучена четырьмя входными параметрами и значениями коэффициента нефтеотдачи. В результате, обученная модель прогнозирует значении коэффициента нефтеотдачи на основе тестовых данных. Несмотря на то, что множественная линейная регрессия является очень простым, модель имеет несколько хороших преимуществ. Модель линейной регрессии освобождает инженера от необходимости хороших знаний в области физики в данном исследовании. Данная модель хорошо обучается и высоко интерпретируется, так как все независимые переменные множественной регрессии напрямую влияют к целевой функции. Следственно, влияние входных параметров легко обнаруживается и визуализируется.

В данной работе полиномиальная регрессия используется как частный случай множественной линейной регрессии. Так как, увеличение *n* степени полинома добавляет к линейной регрессии нелинейность данных. Однако это не означает, что с увеличением степени полинома модель будет обучаться еще лучше. Есть проблемы недобучения и переобучения модели. Для выбора оптимальной модели нужно находит компромисс между смещением и дисперсией.

Результаты и обсуждение

Данные были разделены на обучающий и тестовый набор данных. Для обучения был использован 8069 набор (80%) от общего объема данных, а для тестовой остальные 2017 пар (20%).

В качестве среды исполнения для машинного обучения был выбран язык программирования Python. Python является очень полезным для этой цели, так как имеет много библиотек, а так же удобен в решении проблем связанными с машинным обучением. Для работы по импорту данных была использована библиотека Pandas. Визуализация данных был создан с помощью библиотеки Matplotlib. Используемые алгоритмы машинного обучения были выполнены с помощью библиотеки scikit-learn, которая предназначена для обучения данных с помощью многих методов машинного обучения. Как было упомянуто ранее, общее количество пар выборки составляет 10086 моделей. Каждый пар выборки состоит из 40 значения коэффициента нефтеотдачи. В результате, у нас есть много тестовых пар, однако в данной работе результаты будут показываться для некоторых тестовых пар. Рисунок 2 показывает результаты одной из тестовых пар выборки для разных методов регрессии.

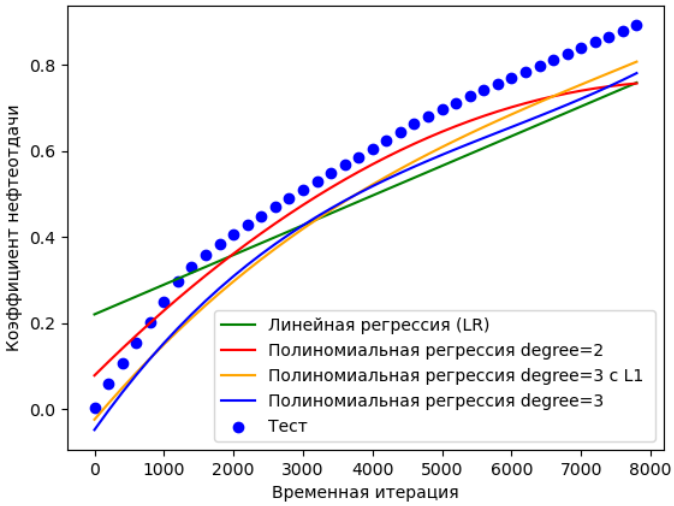


Рис. 2. Коэффициент нефтеотдачи на разных моделях регрессии

Мы можем видеть, что прогнозируемая функция линейной регрессии LR не захватывает все шаблоны в данных. Следственно, модель LR имеет пример недобучения (under-fitting).

С помощью полиномиальной регрессии (PR) увеличивается сложность модели. Для обучения с полиномиальными свойствами важно выбрать нужную модель, то есть степень полинома.

Из данного рисунка 2 совершенно понятно, что квадратичная полиномиальная модель обучает данные лучше, чем линейная модель. Также заметно, что кубическая полиномиальная модель прогнозирует данные хуже, чем квадратичная модель. Кубическая полиномиальная регрессия довольно хорошо прогнозирует целевую функцию для данной пары, однако из-за проблемы переобучения, другие пары из тестовой выборки могут плохо соответствовать данным. С помощью регуляризации L1 было улучшено кубическая полиномиальная модель для данной пары. В использовании L1 регуляризации было подобрано оптимальное значение λ. С помощью L1 регуляризации кубическая полиномиальная модель довольно хорошо прогнозирует функцию для всех тестовых данных, чем простая кубическая модель.

Следующая таблица демонстрирует среднюю оценку MSE для всех 20% тестовых наборов (Таблица 2).

Таблица 2. **Оценка MSE для всех пар тестового набора**

Алгоритмы машинного обучения	Тестовый набор (20%) MSE
Линейная регрессия	0.0037
Полиномиальная регрессия degree=2	0.0016
Полиномиальная регрессия degree=3	0.0084

Следующая таблица демонстрирует среднюю оценку R^2 для 80% обучающих наборов и 20% тестовых наборов (Таблица 3).

Таблица 3. **Оценка R^2 для всех пар обучающего и тестового набора**

Алгоритмы машинного обучения	Обучающий набор (80%) R^2	Тестовый набор (20%) R^2
Линейная регрессия	0.87	0.91
Полиномиальная регрессия degree=2	0.95	0.96
Полиномиальная регрессия degree=3	0.97	0.79
PR degree=3 с L1 регуляризации	0.96	0.92

Из данной таблицы заметно, что кубическая полиномиальная регрессия обучается при тренировочном наборе довольно хорошо, но на тестовых данных коэффициент детерминации R^2 уменьшается из-за высокой дисперсии между наборами данных при degree = 3.

Более того, можно заметить, что для тестовой выборки средняя квадратическая ошибка MSE увеличилась, а коэффициент детерминации R^2 уменьшилась по сравнению с квадратичной моделью. Таким образом, для данной тестовой выборки самой оптимальной является квадратичная модель. Однако, это закономерность является правдивой только для данного набора. Для остальных пар из всей тестовой выборки, результаты могут быть другими. Это объясняется тем, что полиномиальная кубическая модель в нашем случае имеет переобучения из-за высокой дисперсии.

Заключение

Данная статья была посвящена к применению методов машинного обучения для прогнозирования добычи нефти. В данном исследовании в качестве метода машинного обучения была использована многомерная линейная регрессия с полиномиальными свойствами. Несмотря, что линейная регрессия является простым, данная модель хорошо обучается и высоко интерпретируется. Были протестированы разные степени полиномиальной регрессии, а так же было выявлено, что для наших синтетических данных квадратическая полиномиальная модель довольно хорошо обучается и отлично прогнозирует значение коэффициента нефтеотдачи. Для квадратичной модели полиномиальной регрессии коэффициент детерминации R^2 составляет 0.96, что является довольно хорошим результатом для тестовых данных. Таким образом, предполагается, что рассмотренные методы машинного обучения в данной статье могут быть полезными для прогнозирования добычи нефти на основе синтетических данных.

Признательность

Исследовательская работа выполнена при финансовой поддержке Комитета науки Министерства образования и науки Республики Казахстан (грант № BR05236447).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Krasnov, Fedor & Glavnov, Nikolay & Sitnikov, Alexander. (2018). A Machine Learning Approach to Enhanced Oil Recovery Prediction. 10.1007/978-3-319-73013-4_15.

[2] Guo, Z., Reynolds, A. C., Zhao, H.: A Physics-Based Data-Driven Model for History-Matching, Prediction and Characterization of Waterflooding Performance. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/182660-MS

[3] Shehata, A. M., El-banbi, A. H., Sayyouh, H.: Guidelines to Optimize CO2 EOR in Heterogeneous Reservoirs. Society of Petroleum Engineers. doi:10.2118/151871-MS

[4] Breiman, Leo: Random Forests Machine Learning 45 (1): 532 DOI:10.1023/A:1010933404324

[5] Aliyuda, Kachalla & Howell, John. (2019). Machine Learning Algorithm for Estimating Oil Recovery Factor Using a Combination of Engineering and Stratigraphic Dependent Parameters. Interpretation. 7. 1-34. 10.1190/int-2018-0211.1.

[6] Mirzaei-Paiaman, Abouzar & Salavati, Soroor. (2012). The Application of Artificial Neural Networks for the Prediction of Oil Production Flow Rate. Energy Sources. 34. 10.1080/15567036.2010.492386.

[7] Jreou, Ghazwan. (2012). : Application of neural network to optimize oil field production. Asian Transactions on Engineering. 3. 1-9.

[8] Ristanto, Tita & Horne, Roland. (2018). Machine Learning Applied to Multiphase Production Problems.

[9] Horne, R. N. 2007. Listening to the Reservoir—Interpreting Data From Permanent Downhole Gauges. J Pet Technol 59 (12): 78–86. SPE-103513-JPT. https://doi.org/10.2118/103513-JPT.

[10] Liu, Y. and Horne, R. N. 2011. Interpreting Pressure and Flow Rate Data From Permanent Downhole Gauges Using Data-Mining Approaches. Presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, Denver, 30 October–2 November. SPE-147298-MS. https://doi.org/10.2118/147298-MS.

[11] Liu, Y. and Horne, R. N. 2012. Interpreting Pressure and Flow-Rate Data From Permanent Downhole Gauges by Use of Data-Mining Approaches. SPE J. 18 (1): 69–82. SPE-165346-PA. https://doi.org/10.2118/165346-PA.

[12] Liu, Y. and Horne, R. N. 2013. Interpreting Pressure and Flow Rate Data From Permanent Downhole Gauges Using Convolution-Kernel-Based DataMining Approaches. Presented at the SPE Western Regional & AAPG Pacific Section Meeting 2013 Joint Technical Conference, Monterey, California, 19–25 April. SPE-165346-MS. https://doi.org/10.2118/165346-MS.

[13] Liu, Y. and Horne, R. N. 2013. Interpreting Pressure and Flow Rate Data From Permanent Downhole Gauges With Convolution-Kernel-Based DataMining Approaches. Presented at the SPE Annual Technical Conference and Exhibition, New Orleans, 30 September–2 October. SPE-166440-MS.https://doi.org/10.2118/166440-MS.

[14] Tian, Chuan & Horne, Roland. (2019). Applying Machine-Learning Techniques To Interpret Flow-Rate, Pressure, and Temperature Data From Permanent Downhole Gauges. SPE Reservoir Evaluation & Engineering. 22. 386-401. 10.2118/174034-PA.

[15] Cao, Q. & Banerjee, R. & Gupta, S. & Li, J. & Zhou, W. & Jeyachandra, B.. (2016). Data Driven Production Forecasting Using Machine Learning. 10.2118/180984-MS.

[16] Shengnan, C. 2019. Application of Machine Learning Methods to Predict Well Productivity in Montney and Duvernay. Calgary Petroleum Club.

Кенжебек Е.Ғ., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.

Полиномды регрессия әдісімен мұнай өндіруді болжау

Түйіндеме. Бұл мақалада машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, мұнай өндіруді болжау жұмысы ұсынылған. Машиналық оқыту әдісі ретінде көп өлшемді сызықтық регрессия алгоритмі полиномдық қасиеттермен жүзеге асырылды. Синтетикалық мәліметтер жиынтығы гидродинамика есептеу және мұнай өндіру есептеріндегі қанықтылықтың таралуын анықтау үшін қолданылатын Баклей-Леверетт математикалық моделінің көмегімен алынды. Мұнай өндіру мәселесінің параметрлерінің әртүрлі комбинациясы таңдалды, онда кеуектілік, мұнай фазасының тұтқырлығы және жыныстың абсолютті өткізгіштігі машиналық оқытуға арналған кіріс параметрлері ретінде алынды. Ал шығу параметрі ретінде мұнай беру коэффициентінің мәні таңдалды. Полиномдық регрессия алгоритмін тестілеу үшін 10086 жұп деректер пайдаланылды. Машиналық оқыту үшін орындау ортасы ретінде Python бағдарламалау тілі қолданылды. Полиномдық регрессияның әртүрлі дәрежелері жүзеге асырылды және сыналды, сонымен қатар біздің синтетикалық деректеріміз үшін квадраттық полиномдық модель өте жақсы оқытылатыны және мұнай беру коэффициентінің мәнін жақсы болжайтыны анықталды. Қайта оқыту мәселесін шешу үшін Лассо регрессия әдісі деп аталатын L1 регуляризаторы қолданылды. Полиномдық регрессияның квадраттық моделі үшін R^2 анықтау коэффициенті 0.96 құрады, бұл сынақ деректері үшін өте жақсы нәтиже.

Кілт сөздер: мұнай өндіруді арттыру, машиналық оқыту, регрессия әдісі, полиномдық регрессия, регуляризация.

UDK 004.9

[1]CH. Kenshimov, [2,3]Iu. Krak, [1]Zh.Amirgalieva, [2]S. Kondratiuk, [4]A. Aitimov

([1]Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan
[2]Taras Shevchenko National University of Kyiv, Kyiv, Ukraine
[3]V.M.Glushkov Institute of Cybernetics, Kyiv, Ukraine
[4]Suleyman Demirel University, Kaskelen, Kazakhstan, e-mail: amir_ed@mail.ru)

INFORMATION TECHNOLOGY FOR SIGN LANGUAGE ALPHABET UNITS MODELING AND RECOGNITION

Abstract. The information technology, which is implemented with cross platform tools, is proposed for modeling and recognition of gesture units of sign language, animation between states of gesture units with a combination of gestures (words). Implemented technology simulates sequence of gestures using virtual spatial hand model and performs recognition of dactyl items from camera input. Convolutional neural networks are used for dactyl items recognition. With the cross platform means technology achieves the ability to run on multiple platforms without re-implementing for each platform. Information and gesture communication technology was developed with further scaling capabilities in mind for gestures of other languages alphabets.

Key words: information technology, cross platform, sing language, fingerspelling alphabet, convolutional neural networks.

[1]Ш. Кеншимов, [2,3]Ю. Крак, [1]Ж. Амиргалиева, [2]С. Кондратюк, [1,4]А.Айтимов

([1]Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК, Алматы, Казахстан
[2]Киевский национальный университет им. Т. Шевченко, Киев, Украина
[3]Институт кибернетики им. В.М.Глушкова, Киев, Украина
[4]Университет Сулеймана Демиреля, Каскелен, Казахстан
e-mail: amir_ed@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ЗНАКОВ ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА

Аннотация. Информационная технология, реализованная с использованием кроссплатформенных инструментов, предлагается для моделирования и распознавания жестовых единиц языка жестов, анимации между состояниями жестовых единиц с помощью комбинации жестов (слов). Внедренная технология имитирует последовательность жестов с использованием виртуальной пространственной модели руки и выполняет

распознавание дактильных элементов с камеры. Сверточные нейронные сети используются для распознавания дактильных элементов.

Кроссплатформенность означает, что технология позволяет работать на нескольких платформах без повторного внедрения для каждой платформы. Информационно-жестовая коммуникационная технология была разработана с учетом дополнительных возможностей масштабирования для жестов алфавитов других языков.

Ключевые слова: информационные технологии, кроссплатформенность, язык жестов, алфавит с пальцами, сверточные нейронные сети.

Introduction and problem statement

Up today modern hardware is able to collect information fast and almost without restriction, process data both in cloud computing (model, which provides a universal, easy access on demand through the network to the virtual cluster computing resources) [1] and locally on the device, and through data channel processing results are returned to the user. All this is also true for sign language. Sings can be stored and reproduced via a variety of devices and platforms, stationary or mobile, high performance or energy efficient. The actual problem is the reproduction of sign language on all these platforms, for further usage by people with hearing disabilities in particular and everyone in general. Deployment of a single unified technology on various platforms (android, ios, windows, linux, web) without need to port it or to implement it under each platform is a major problem.

One way of solving the stated problem of visualization and reproduction of sign language is cross platform software development. Unlike single-platform technologies that operate only on a specific platform under which they were developed, "cross platform software provides the ability to perform on more than one platform with identical (or nearly identical) functionality" [2]. The term "platform" in this context may refer to one of or a combination of several definitions: 1) the type of operating system (such as Microsoft Windows, Mac OS X, Linux, Solaris, Android, iOS); 2) processor type (such as x86, PowerPC, ARM); 3) the type of hardware (e.g., mainframe, workstation, personal computer, mobile device) [2]. Cross-platform technologies are on a par with the platform independent technologies (those that can operate on any platform, such as Web application) [2] and cross-platform virtual machines (technologies that support individual processes or systems, depending on the level of abstraction at which is virtualization) [3].

In this article the proposed solution of the problem is via cross platform development, taking into account characteristics of different classes of devices (such as hardware, CPU power, amount of memory, presence on the Internet) and setting the number of polygons of the three-dimensional hand model and gesture animation step. Given paper is a progress of investigations in the field of modeling, classification and clasterization communicative information [4]-[9]. Gesture modeling and gesture recognition is performed via cross platform means as a part of proposed communication technology.

Related work

Sign modeling is a problem that is considered both independently and as part of the problem of modeling and recognition of gestures and thus as a technology learning and evaluating sign language. One of the systems to display the sign language is American Sing Language Online Dictionary [10], which consists of a video database of words and phrases displayed via sign language. These developments were involved in a number of commercial agencies [11], but the systems they propose are configured to pre-determined number of gestures, and therefore do not solve the problem of modeling sign language. Also all of them lack functionality of gestures recognitions, thus not allowing to evaluate quality of sing language performed by a user.

Creating a model hand is the first step in the task of sing language modeling. In their work [12], authors analyze existing approaches of hand modeling, which are divided into two main groups: spatial and temporal. Former consider the characteristics of different positions for the hand gestures, while latter refer to the description of the dynamics of gestures. Modeling hands in the spatial area can be completed in two and three dimensions.

In [13] proposed system by authors is able to simulate sign animations for a given text. As a part of this system a statistical model is used to analyze input text and generative algorithm is used when creating the appropriate simulated kinematics of sign animations. Within the article, the authors have provided ANVIL tools for input text annotation, gesture generator NOVA, and DANCE library developed in [14] is used for gesture animation. The system is built on the Microsoft Windows platform and x86 processor. In [15] authors discuss the modeling of virtual character for spatial reproduction of sign language on the platform of Microsoft Windows. The training system is based on Microsoft Windows platform and x86 processor. Gesture recognition for mobile platforms is developed in [18], but gesture modeling on mobile devices is not performed.

The proposed technology should perform modeling of sign units [15] - [17] of sign language, and reproduce animation of gestures structures (words, sentences) via state transitions between shown units using spatial virtual model hand. The proposed technology should perform recognition of sign language based on camera input from the device in order to evaluate sing language performed by user. The technology should be a combined solution for learning sing language via gesture modeling and recognition.

Technology should solve the problem of running on existing platforms using cross platform development without implementing the functionality for each platform separately. The effectiveness of the proposed approach is shown in building cross platform technology for modeling and recognition of Ukrainian dactyl alphabet.

Information technology for sing language investigation base on cross platform tools

To address the modeling of sign language and perform animation of sign structures using spatial virtual model hand the cross platform technology based on cross platform framework Unity3D [19] is proposed. Cross platform framework Unity3D is also used for the user interface, both libraries and technology are implemented with programming language C#. Proposed tools can solve the problem of running the technology on multiple existing platforms. The novelty of the proposed technology is that it is cross platform and has customizable level of polygons for three dimensional hand model and animation step for gesture transitions. This allows to run proposed technology without changes on multiple platforms (different types of processors, operating systems and hardware).

Advantage of cross platform technology over technologies developed for a single platform is that there is no need to modify or re-implement the functionality already available for other platforms (porting) [2], which speeds up the process of developing and deploying technologies, and increases the number of potential users. The advantage of cross platform technology over cross platform virtual machine emulators is performance speed and absence of necessity to install additional software (software dependencies).

The core of the technology is composition of three cross-platform modules (Figure 1): three dimensional hand model (which is implemented with cross platform framework Unity3D), user interface (implemented also with cross platform framework Unity3D) and gesture recognition module (implemented with cross platform framework Tensorflow [20]. Core functionality is implemented with C# and Python and runs on desktop OS (MacOS, Linux, Windows) and on mobile OS (Android, iOS).

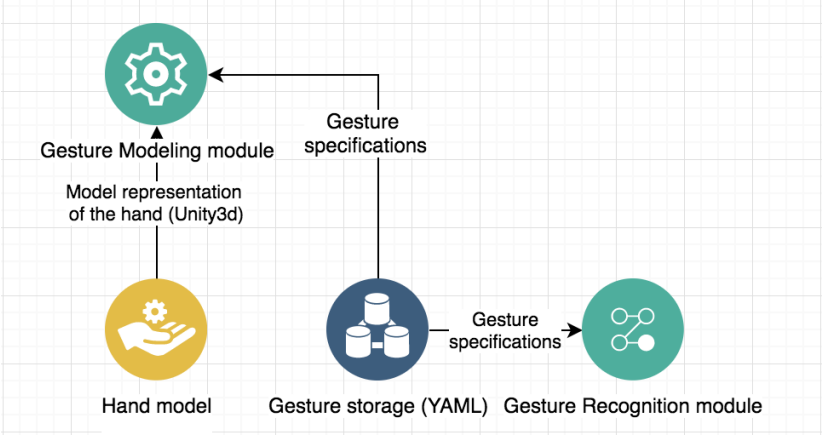


Fig. 1. Infologic model of cross platform gesture communication technology

Hand model module is cross platform and provides hand model representation for gesture recognition module. Hand renderer receives hand model representation and gesture specifications from gesture storage module, and provides a high-polygon rendered hand model. Gesture learning module and gesture modification module are implemented with cross platform Unity3D, both taking as input results of hand model renderer. Gesture modification module provides updated gesture specifications and transmits them to gesture storage. Gesture recognition module is proposed to be implemented with Tensorflow framework and receives as input hand model, gesture specifications and input from camera.

Information technology for sing language modeling

The hand model which is built in gesture modeling module has 27 bones, 8 of the bones are in wrist, 3 are in the thumb (one metacarpal and 2 phalanx) and 4 metacarpus and 12 phalanges are in other fingers. Each bone is connected to the other through different types of joints.

Designing your own cross platform engine for simulating the hand is non-trivial task, thus as the core technology for modeling three-dimensional hand model and gesture animations between morphemes cross platform framework Unity3D was selected. Unity3D framework is able to effectively reproduce a realistic hand model which consists of more than 70,000 polygons (Figure 2).

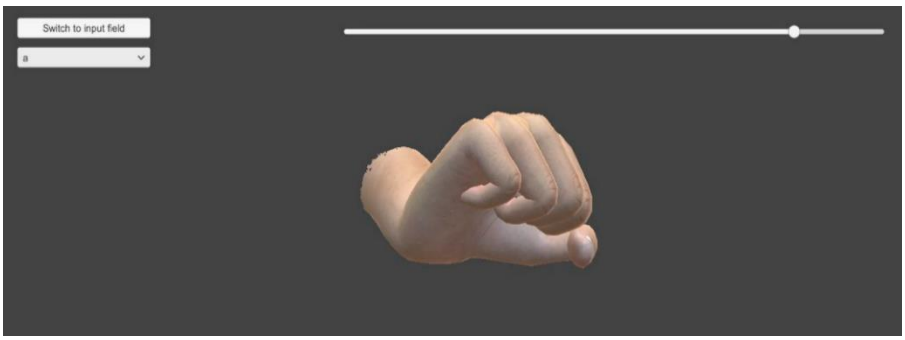


Fig. 2. Gesture modeling under iOS platform

Based on the anatomy of the hand within Unity3D hand model was developed with 25 degrees of mobility, four of them located in the metacarpal-carpal joint, to the little finger and thumb to provide movement palm. The thumb has 5 degrees of freedom, middle and index fingers have 4 degrees of freedom (metatarsophalangeal joint with two degrees of mobility, and the distal and proximal interphalangeal joints each have one). To preserve the gesture YAML format was selected [21].

Gesture learning and gesture recognition modules, developed with cross platform tools (frameworks based on Python, C++) can be embedded into information and gesture communication cross platform technology. Multiple approaches were considered as an approach for gesture recognition. Automatic sign language recognition can be approached similarly to speech recognition, with signs being processed similar to phones or words. Conventionally, sign language recognition consists of taking an input of video sequences, extracting motion features that reflect sign language linguistic terms, and then using pattern mining techniques or machine learning approaches on the training data. For example, in the paper [22] propose a novel method called Sequential Pattern Mining (SPM) that utilizes tree structures to classify signs.

Convolutional Neural Networks (CNNs) have shown robust results in image classification and recognition problems, and have been successfully implemented for gesture recognition in recent years. In particular, deep CNNs have been used in researches done in the field of sign language recognition, with input-recognition that utilizes not only pixels of the images. With the use of depth sense cameras, the process is made much easier via developing characteristic depth and motion profiles for each sign language gesture. Multiple existing researches done over various sing languages show that CNNs achieve state-of-the-art accuracy for gesture recognition [23],[24].

Convolutional neural networks have such advantages: no need in hand crafted features of gestures on images; predictive model is able to generalize on users and surrounding not occurring during training; robustness to different scales, lightning conditions and occlusions. Although, selected approach has couple of disadvantages, which may be overcome with a relatively big dataset (1,000 images for each gesture, among more than 10 people of different age, sex, nationality and images taken under different environment conditions and scales): need to collect a rather big and labelled gesture images dataset; black-box approach which is harder to interpret.

Usage of cross platform neural network framework such as Tensorflow allows to implement gesture recognition as a cross platform module of proposed technology and serve trained recognition model on server or transfer it to the device.

Information technology for sing language recognition

For the training process of MobileNet[25] architecture based Convolutional Neural Network for the task of gesture recognition of Ukrainian dactyl alphabet gestures an appropriate dataset should have been collected, due to no available datasets for Ukrainian sign language in free access. A specific software (Figure 3) was developed for recording a short video sequences of Ukrainian dactyl alphabet gestures shown by different people. Since the recording software isn't direct part of the proposed technology, but rather a helper tool, it was developed only under Windows family of operating systems, using C# programing language and .NET framework. The pipeline of recording a single entry looks like this:

– The person sits in front of the webcam, connected to the recording software,
– The person needs to put one's hand into the region of interest of the recording software,
– The person shows specific gesture from the Ukrainian dactyl alphabet,
– The recording operator starts the recording,
– The person showing the gesture starts to smoothly move the hand across different axis's,
– After video of appropriate length was recorded, the operator stops the recording,
– The process goes on with the next gesture.

Figure 4 shows example UI of how the proposed technology detects specific gesture from Ukrainian dactyl and draws a bounding box over a detected gesture

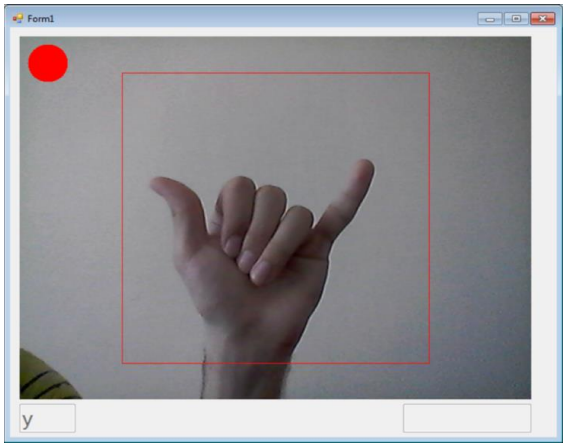


Fig. 3. UI tool for collection gesture database

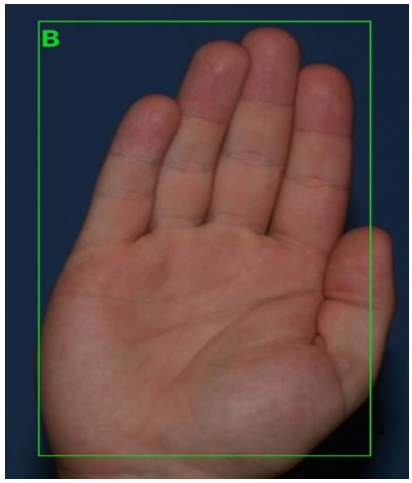


Fig. 4. Example of UI

Scaling to Kazakh sing language modeling and recognition

As shown in Figure 1, using a database for storing gesture specification in a unified format such as YAML allows to scale the proposed technologies to other languages. Different language gestures configurations can be first modelled with the modelling module of the proposed technology, then stored into YAML format and tested with the recognition module as shown in Figure 1. For instance, a gesture from Kazakh language can be modeled from an open source such as surdo.kz [26] (Figure 5) using modeling module and user further.



Fig. 5. Example of dactylem from Kazakh sign language

Due to selected cross platform implementation tools, the proposed technology solves the problem of executing on multiple platforms without the implementation under each platform separately.

Software offered and used in the implementation of information technology is cross-platform and operates unchanged regardless of operating system (Windows, Linux, Android, iOS), CPU type (x86, arm), and the type of hardware (mobile or stationary device).

With its cross platform build system Unity3D it is possible to create applications for each platform without porting or changing the original code.

As there are no specific hardware requirements for information technology for modeling sign language, there are objective obstacles for performance speed of older generations devices. To overcome this problem, the following adaptive approach to information technology was proposed [4].

Further modules implementation will leverage from existing cross-platform technology. Gesture learning and gesture recognition modules, developed with cross platform technologies (Python, Tensorflow) will be embedded into information and gesture communication cross-platform technology. In case of the mobile app (iOS, Android) or application on the device with a stationary operating system (Windows, Linux), during installation on the device, information technology analyzes the existing hardware and, depending on its capacity, conducts a series of adjustments: 1) number of polygons of the hand model changes to priority for performance speed; 2) during rotation hand model changes pitch angle at which it rotates, with priority for speed. If the available hardware does not meet the minimum requirements of information technology, the user is given the recommendation to choose "online" mode, in which the calculation is not performed on hardware.

Dataset and model architecture

Since training of the Convolution Neural Network hardly depends on a big and diverse dataset, to achieve a high enough accuracy metrics level, dataset of Ukrainian dactyl language letters with diverse characteristics was collected. Each gesture consists of 1500 sample images, and 50 different people hands were showing gestures, with distribution of 70% male and 30% female hands. Different light conditions were used (with distribution of 20 % images in bad light conditions, 30% in mediocre light conditions and 50% in good light conditions). About 10% of images were distorted with noise and blur. Overall ~50,000 original images were collected as a training dataset. After applying additional dataset augmentation techniques (such as rotation, random crop, mirroring etc.) the final dataset became about 150,000 images. For testing purposes a fraction of 10% of the dataset was selected, making final training dataset of 135,000 images and final testing dataset of 15,000 images.

Standard techniques of fighting over fitting of the neural network were applied on each training. Different architectures (Figure 6) and their metrics and confusion matrixes are shown. Architecture 5 stopped showing growth in f1 score although having more complex performance. Architecture 4 was selected as the final option for the proposed technology as the best tradeoff of architecture size to performance.

Architecture 1	Architecture 2	Architecture 3	Architecture 4	Architecture 5
Conv / s2	Conv / s2	Conv / s2	Conv / s2	Conv / s2
Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1	Conv dw / s1
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s1	2 x Conv dw / s1	3 x Conv dw / s1	Conv dw / s2	Conv dw / s2
Conv / s1	2 x Conv / s1	3 x Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1
Conv dw / s2	Conv dw / s2	Conv dw / s2	4 x Conv dw / s1	5 x Conv dw / s1
Conv / s1	Conv / s1	Conv / s1	4 x Conv / s1	5 x Conv / s1
Avg Pool / s1	Avg Pool / s1	Avg Pool / s1	Conv dw / s2	Conv dw / s2
FC / s1	FC / s1	FC / s1	Conv / s1	Conv / s1
Softmax / s1	Softmax / s1	Softmax / s1	Avg Pool / s1	Conv dw / s2
			FC / s1	Conv / s1
			Softmax / s1	Avg Pool / s1
				FC / s1
				Softmax / s1

Fig. 6. Different architectures trained

During the training process of MobileNet architecture based Convolutional Neural Network multiple architecture modifications were set up in order to find the best trade-off in number of layers to accuracy. At some point the accuracy of the trained model stopped increasing, which is show in Figure 7 so the architecture #4 was decided as optimal in terms of the smallest architecture with best accuracy (macro average f1-score).

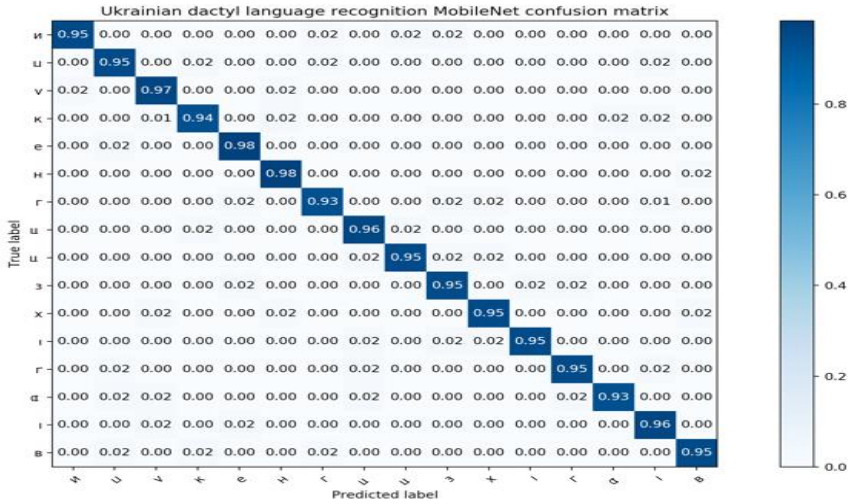


Fig. 7. Confusion matrix of the best trained architecture #4

CONCLUSION

The proposed technology is built with cross platform tools for gesture modeling, gesture transitions animation and gesture recognition. The technology uses virtual spatial model of hand. With the help of cross platform development, the technology solves the problem of execution on the existing multiple platforms without implementing functionality under each platform separately. Thus, it was shown the effectiveness of the technologies built using cross platform tools, for example modeling and recognition elements of dactyl Ukrainian alphabet sign language. Information and gesture communication technology was developed with further scaling capabilities in mind for gestures of other languages alphabets.

To implement this idea, the validation mechanism of new gestures to the common database can be applied. Cross platform information and communication technology and standardized protocol and data format (YAML) allows a range of solutions for remote computing using cloud computing, Web servers, local servers using a single sign database PostgreSQL [27]. The gesture communication technology can be augmented with other cross platform modules, such as gesture recognition and gesture learning modules.

This work was supported by the grant of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan No. AP08053034 "Development of new methods for modeling and recognition of Kazakh sign language ", carried out at the Institute of Information and Computing Technologies, Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan, under contract No. 85 dated 20.05.2020.

REFERENCES

[1] Mell, P., Grance, T. The NIST Definition of Cloud Computing (Technical report). National Institute of Standards and Technology: U.S. Department of Commerce. Special publication 800-145, 2011. doi:10.6028/NIST.SP.800-145.

[2] The Linux Information Project, Cross-platform Definition [http://www.linfo.org/cross-platform.html] (access 10/08/2019).

[3] Smith, J., Nair, R. The Architecture of Virtual Machines. Computer. 2005. Vol. 38, N5. P.32-38.

[4] Krak, I., Kondratiuk, S. Cross-platform software for the development of sign communication system: Dactyl language modelling, Proceedings of the 12th International Scientific and Technical Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT 2017, 2017. Vol. 1, pp. 167-170. DOI: 10.1109/STC-CSIT.2017.8098760.

[5] Krak, I., Kryvonos, I., Wojcik, W. Interactive systems for sign language learning. 6th International Conference on Application of Information and Communication Technologies, AICT 2012 – Proceedings, art. no. 6398523, DOI: 10.1109/ICAICT.2012.6398523.

[6] Kryvonos, Iu.G., Krak, Yu.V., Barchukova, Yu.V., Trotsenko, B.A. Human hand motion parametrization for dactylemes modeling. Journal of Automation and Information Sciences, 2011. Vol.43, N 12. P. 1-11.

[7] Kryvonos, Iu.G., Krak, Iu.V. Modeling human hand movements, facial expressions, and articulation to synthesize and visualize gesture information. Cybernetics and Systems Analysis. 2011. Vol. 47, N. 4. P. 501-505.

[8] Krak, Iu.V., Barmak, O.V., Romanyshyn, S.O. The method of generalized grammar structures for text to gestures computer-aided translation. Cybernetics and Systems Analysis. 2014. Vol 50, N 1. P. 116-123.

[9] Kryvonos, I.G., Krak, I.V., Barmak, O.V., Kulias, A.I. Methods to create systems for the analysis and synthesis of communicative information. Cybernetics and Systems Analysis. 2017. Vol. 53, N. 6. P. 847-856.

[10] ASL Sing language dictionary [http://www.signasl.org/sign/model] (access 10/08/2019)

[11] Apple Touchless Gesture System for iDevices [http://www.patentlyapple.com/patently-apple/2014/12/apple-invents-a-highly-advanced-air-gesturing-system-for-future-idevices-and-beyond.html] (access 10/08/2019)

[12] Rafiqul, Z. K., Noor, A. I., Natarajan, M., et al : Comparative study of hand gesture recognition system: SIPM, FCST, ITCA, WSE, ACSIT, CS & IT 06. 2012. P. 203-213.

[13] Neff, M., Kipp, M., Albrecht, I., Seidel, H.-P. Gesture Modeling and Animation by Imitation. 2006. MPI–I–2006–4-008

[14] Shapiro, A., Chu, D., Allen, B., Faloutsos, P. Dynamic Controller Toolkit [http://www.arishapiro.com/Sandbox07_DynamicToolkit.pdf] (2005) (access 10/08/2019)

[15] Kryvonos, Iu.G., Krak, Iu.V., Barmak, O.V., Shkilniuk, D.V. Construction and identification of elements of sign communication. Cybernetics and Systems Analysis. 2013. Vol. 49, N. 2. P. 163-172.

[16] Krak, I.V., Kryvonos, I.G., Barmak, O.V., Ternov, A.S. An approach to the determination of efficient features and synthesis of an optimal band-separating classifier of dactyl elements of sign language. Cybernetics and Systems Analysis. 2016. Vol. 52, N. 2. P. 173-180.

[17] Krak, Yu.V., Golik, A.A., Kasianiuk, V.S. Recognition of dactylemes of Ukrainian sign language based on the geometric characteristics of hand contours defects. Journal of Automation and Information Sciences. 2016. Vol. 48, N. 4. P. 90-98.

[18] Raheja, J. I., Sadab, A.S., Chaudhary, A. Android based portable hand sign recognition system, Science Gate Publishing, USA, 2015. P. 1-18. doi: 10.15579/gcsr.vol3.ch1 (access 10/08/2019)

[19] Unity3D framework [https://unity3d.com/] (access 10/08/2019)

[20] Tensorflow framework documentation [https://www.tensorflow.org/api/] (access 10/08/2019)

[21] YAML – The Official YAML Web Site [http://yaml.org/] (access 10/08/2019)

[22] Ong, E.-J., et al. Sign language recognition using sequential pattern trees. In: 2012 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Providence, 16-21 June 2012, pp. 2200-2207 (2012) doi: 10.1109/CVPR.2012.6247928

[23] Garcia, B. American sign language: real-time American sign language recognition with convolutional neural networks. Stanford University, Stanford, CA. 2015.

[24] Bobic, V., Tadic, T., Kvascev, G. Hand gesture recognition using neural network based techniques, In: NEUREL 2016. 13th Symp. on Neural Networks and Applications (NEUREL), Belgrade, 22-24 November 2016. 2016. P.35-38.

[25] Howard, A.G., Zhu, M., Bo C., Kalenichenko, D., Wang, W., Weyand, T., Andreetto, M., Adam, H. MobileNets: efficient convolutional neural networks for mobile vision applications. [https://arxiv.org/pdf/1704.04861.pdf] (access 10/08/2019)

[26] Kazakh gesture language online database [surdo.kz/kaz/dictionary] (access 10/08/2019)

[27] PostgreSQL official web site [https://www.postgresql.org/(access 10/08/2019)

Кеншимов Ш., Крак Ю., Амиргалиева Ж., Кондратюк С., Айтимов А.

Қол қимылдату тілінің белгілерін модельдеуге және тануға арналған ақпараттық технологиялар

Түйіндеме. Кросс-платформалық құралдарды қолдана отырып жүзеге асырылған ақпараттық технология ымдау (сөздер) комбинацияларының көмегімен ымдау бірліктері күйлерінің арасындағы анимациялар, ымдау тілінің ымдау бірлігін тану және моделдеу үшін ұсынылады. Енгізілген технология қолдың виртуалды кеңістіктік моделін қолдана отырып ымдау қимылдарының тізбегін моделдейді және камерадан саусақ қимылдарының элементтерін тануды жүзеге асырады. Саусақ қимылдарының элементтерін тану үшін жиылмалы нейрондық желілер қолданылады.

Кросс-платформа – бұл бірнеше платформада жұмыс жасауға мүмкіндік беретін технология, мұнда әр платформаға қайта енгізу керек емес. Ақпараттық-ымдау коммуникациялық технологиясы басқа тілдердің ымдау алфавиттері үшін таралуының қосымша мүмкіндіктерін ескере отырып жасалынған.

Кілттік сөздер: ақпараттық технологиялар, кросс-платформа, ымдау тілі, саусақтары бар алфавит, жинақталатын нейрондық желілер.

Кеншимов Ш., Крак Ю., Амиргалиева Ж., Кондратюк С., Айтимов А.

Информационные технологии для моделирования и распознавания знаков жестового языка

Резюме. Информационная технология, реализованная с использованием кроссплатформенных инструментов, предлагается для моделирования и распознавания жестовых единиц языка жестов, анимации между состояниями жестовых единиц с помощью комбинации жестов (слов). Предложенная технология имитирует последовательность жестов с использованием виртуальной пространственной модели руки и выполняет распознавание дактильных элементов с камеры. Сверточные нейронные сети используются для распознавания дактильных элементов.

Кроссплатформенность означает, что технология позволяет работать на нескольких платформах без повторной настройки для каждой платформы. Информационно-жестовая коммуникационная технология была разработана с учетом дополнительных возможностей масштабирования для жестов алфавитов других языков.

Ключевые слова: информационные технологии, кроссплатформенность, язык жестов, алфавит с пальцами, сверточные нейронные сети.

УДК 004

O. Kisseleva[1], K. Maratkyzy[2]
([1]Turan University, Almaty, Kazakhstan.
[2] Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
kundyz.maratkyzy@mail.ru)

OVERVIEW AND COMPARISON OF WIRELESS TECHNOLOG

Abstract. Today, the most famous wireless technologies are Bluetooth, ZigBee and of course Wi-Fi. Moreover, each of these technologies is effective in various fields and situations. The article discusses these modern technologies, highlights their advantages and disadvantages, and analyzes the areas in which they are most effective.

Key words. Wireless technology, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi.

Wireless technologies are information technologies designed for wireless transmission of information at a distance between two or more objects [1]. Information can be transmitted using infrared radiation, radio waves, optical or laser radiation. To date, a large number of wireless technologies have been developed, known by their marketing names, for example, Bluetooth, WiMAX, Wi-Fi and others [2,3]. Each technology has certain characteristics that determine its scope.

All wireless data transfer technologies support both ad-hoc mode (setting up operation without using an access point) and infrastructure mode (connecting using an access point). At the same time, it is possible to add new users at any time and install new network nodes anywhere without the use of network cords. Wherever the access point is located, the subscriber set is not tied to a leading computer network. The workstation is always on the network, which makes it unnecessary to connect the power cord. You can move around the area where there is coverage and constantly remain connected to the network [3-5].

Today, the most famous wireless technologies are Bluetooth, ZigBee and of course Wi-Fi. Moreover, each of these technologies is effective in various fields and situations, we will consider them in more detail, highlight the advantages and disadvantages, and also analyze in which areas of activity they are most effective.

Wi-Fi wireless technology

Wi-Fi technology, or RadioEthernet IEEE 802.11, is the first industry standard to allow the establishment of Wireless Local Area Networks (WLANs) in a limited area, i.e. when several users have equal access to a common data channel [16]. The standard was created at the Institute of Electrical and Electronics (Institute Electrical and Electronics Engineers - IEEE) and can be compared with the standard 802.3 for ordinary wired Ethernet networks. The center of a WI-FI wireless network is an Access Point, which can connect to any terrestrial network infrastructure, such as an office Ethernet network and provide radio signal transmission [13-15].

To date, many versions of the standard have already been developed - IEEE 802.11 with the corresponding letter indices a, b, c, d, e, g, h, i, j, k, i, m, n, o, p, q, r, s , u, v, w. However, only four of them (a, b, g and n) are the most common and popular among equipment manufacturers, while others represent improvements, additions or corrections to already adopted specifications [11]. Table 1 summarizes the key specifications of the core IEEE 802.11 standards..

At the same time, it should be noted that the International Organization of Wi-Fi Alliance has presented a new standard for wireless communications Wi-Fi 802.11ah

"HaLow." The operating range of the new standard is 900 MHz, it is at this frequency that Wi-Fi Certified devices can connect at a greater distance with the least energy. In terms of Wi-Fi range, HaLow is approximately twice the size of Wi-Fi options currently in use. In addition, the 900 MHz range provides the capabilities needed for applications such as mobile electronic devices and sensors that users carry with them [9-11].

Unlike the already adopted standards, which operate at 2.4 GHz and 5 GHz, Wi-Fi 802.11ah doubles the signal range, provides a reliable connection if radio waves penetrate obstacles, such as walls. Separately, you should pay attention to the fact that, due to the alternative frequency, the new standard is not subject to interference from microwave ovens and other household appliances.

Table 1. **Key Features of Key IEEE 802.11 Standards**

Standard	IEEE 802.11a	IEEE 802.11b	IEEE 802.11g	IEEE 802.11n
Wi-Fi Alliance Ratification Year	1999	1999	2003	2009
Frequency Range, GHz	5.15-5.25 5.67-5.85	2.4-2.483	2.4-2.483	2.4-2.483 5.15-5.25 5.67-5.85
Access to the radio channel	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA	CSMA-CA
Number of subscribers per channel	64	64	64	64
Maximum data rate	54 Mbps	11 Mbps	54 Mbps	600 Mbps
Normal data rate	23 Mbps	4 Mbps	20 Mbps	120 Mbps
Channel width	20 MHz	22 MHz	20 MHz	40 MHz
Modulation method	OFDM	BPSK,CCK	OFDM	BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM
Indoor Range	10-20	20-100	20-50	10-20

The developers claim that Wi-Fi 802.11ah will have all the advantages of Wi-Fi, including ease of installation, wide compatibility equipment, as well as reliable data protection. In addition, it is planned that devices that support HaLow Wi-Fi will also operate in the 2.4 and 5 GHz bands, this will allow them to integrate into the existing Wi-Fi ecosystem, which includes more than 7 billion devices. Like Wi-Fi devices, HaLow Wi-Fi devices will support IP connectivity, so they can work with cloud services, which is of great importance and importance for the Internet and the things stored in it. Another undoubted advantage of Wi-Fi "HaLow" is the ability to connect thousands of devices to one access point.

In addition to the new Wi-Fi standard 802.11ah, the key prospects for the development of Wi-Fi in the near future are as follows:

1. Mastering the 60 GHz band. Wireless Gigabit Alliance (WiGig Alliance) develops Wi-Fi technology in the 60 GHz band with a maximum transmission speed of 7 Gb / s for picocell coverage scenarios.
2. The development of Wi-Fi Direct technology, which allows direct Wi-Fi connections between various client devices to be achieved at the usual Wi-Fi speed, bypassing traditional access points and wireless routers.
3. Support for advanced VoIP solutions with an updated set of WFA protocols for the development of competitive alternative services.
4. Development of cellular (Mesh) Wi-Fi networks based on low-cost modules, each of which is connected via radio channel to all neighbors in the radio visibility zone.
5. Further refinement of the Wi-Fi radio interface.
6. Improving Wi-Fi customer experience by optimizing interaction with access points [6].

And at the end of the analysis of Wi-Fi wireless technology, we note that its main advantages are:

– Ease of use of ready-made modules;

– Easy integration with existing wired networks (LAN);

– High speed information transfer;

– Security of information transfer (64/128-bit encryption). At the same time, the main disadvantages of Wi-Fi technology are related to:

– Higher (in comparison with other wireless networks) equipment prices;

– Greater (compared to other wireless networks) power consumption;

– The operation of many devices in the 2.4 GHz frequency range, for example, having a Bluetooth adapter, this affects the quality of information transfer;

– Existing operational restrictions and frequency ranges in each country;

– Inadequately protected WEP encryption standard, which is used to protect network access.

Considering in more detail the scope of Wi-Fi wireless technology, it can be noted that today it is used in many areas of activity. The technology received the greatest demand from Internet providers, since this allows them to abandon tens of kilometers of wires [7-9]. Also, this technology is used in the gaming industry.

Well-known brands like Sony and Nintendo mount Wi-Fi devices in their game consoles to provide access to the Internet. Some commercial organizations provide access to the Internet using this technology. If we consider large companies and corporations, then they use Wi-Fi to create a corporate network, since it is cheaper than creating a wired Ethernet network.

Bluetooth wireless technology

Bluetooth technology (IEEE 802.15 standard [6]) is the first technology that allowed organizing a wireless personal data network (WPAN - Wireless Personal Network). It makes it possible to transmit voice and data using a radio channel over short distances (10-100 m) in the unlicensed frequency range of 2.4 GHz, as well as connect mobile phones, PCs and other devices in the absence of direct visibility.

The Bluetooth standard has more than 10 profiles, that is, the feature sets of Bluetooth devices. The main profiles approved by the SIG development team are:

• Advanced Audio Distribution Profile (A2DP) this profile is designed

• to ensure the transfer of music to wireless headphones;

• Audio / Video Remote Control Profile (AVRCP) profile, which allows you to control the functions of the TV;

• File Transfer Profile (FTP_profile) profile that provides data exchange between devices;

• Hands-Free Profile (HFP) profile is designed to connect wireless headphones and mobile devices, also equipped with a function of talking on the phone;

• LAN Access Profile (LAP) profile, which provides access to LAN, WAN or Internet networks using the means of another Bluetooth device;

• SIM Access Profile (SAP, SIM) profile that allows you to access the SIM card of a mobile device and use one SIM card on multiple devices;

• Wireless Application Protocol Bearer (WAPB) profile which equalizes the protocol for organization (Point-to-Point) connections through

• Bluetooth, as well as other profiles [12-14].

As you know, Wi-Fi and Bluetooth use the 2.4 GHz band. If Bluetooth devices are located in the coverage area of Wi-Fi devices and exchange information with each other, conflicts often arise, which can negatively affect the operability of devices [5]. AFH technology makes it possible to eliminate the occurrence of collisions: in the process of exchanging information, in order to overcome interference, Bluetooth technology uses an abrupt change in the frequency of the channel, when choosing which the frequency channels serving the data exchange of the Wi-Fi device are not taken.

Summing up, we can say that the advantages of Bluetooth technology are: mobility and small size; ease of use of ready-made modules; Significant data transfer rate; data transfer security; availability; the need to authorize the device; low threshold of sensitivity to interference (depends on the thickness and material of the obstacle); high standardization.

However, it should be noted that this technology is not without drawbacks. If, for example, two users want to exchange data, then in the process of searching for each other's devices, all devices that are included in a radius of 10-15 meters will be found, which reduces the speed of device initialization. In addition, it should be noted the impossibility of building networks of complex topology and large (compared to ZigBee networks) energy consumption.

Most often, Bluetooth technology is used to provide radio communication between different types of electronic devices by replacing the leading serial connection between the two devices with a wireless one..

ZigBee Wireless Data Technology

ZigBee wireless data technology has hit the market after Bluetooth and Wi-Fi. The need to develop ZigBee technology is associated primarily with the fact that for certain operations, for example, remote control of lighting or gates, reading information from sensors, the key criteria for choosing an effective wireless transmission technology are low cost and low power consumption of the hardware [5].

ZigBee networks are called networks that self-organize and self-repair. This is due to the fact that ZigBee devices, thanks to the built-in software, can turn on each other and create a network when they turn on the power, and in the event of a node breakdown they are endowed with the ability to establish new routes for sending messages [8]. Thus, ZigBee technology can be used both to provide simple point-to-point and star connections, and to serve complex networks.

ZigBee is based on the IEEE 802.15.4-2006 standard for wireless personal area networks. IEEE 802.15.4 is a standard that defines the physical layer and medium access control for wireless personal networks at low speed [9]. The architecture of the standard is shown in Figure 1.

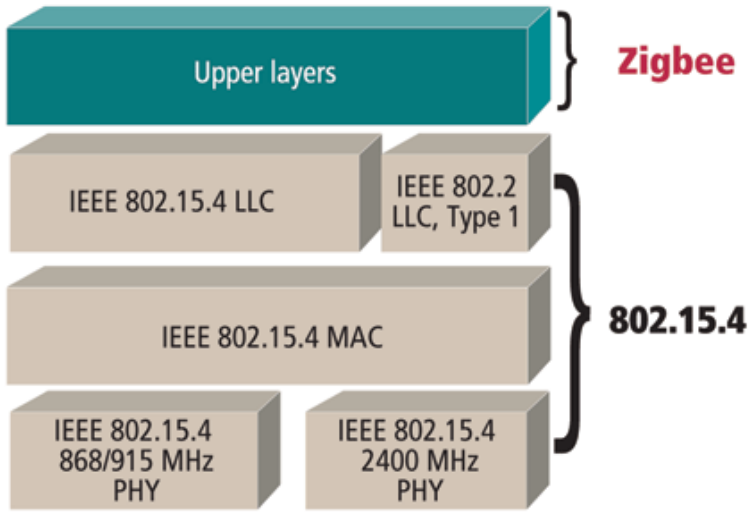


Figure 1. Communication of the ZigBee stack with the IEEE 802.15.4 standard

ZigBee Features:
Frequency range - 2.4 GHz, 16 frequencies with a width of 5 MHz;
DS-SS - direct expansion of the signal spectrum;
O-QPSK - quadrature phase shift keying;
Automatic regulation of output power over a wide range to ensure energy efficiency;
Allowed power - 100 mW;
Estimated signal strength on the air - RSSI and confirmation of successful delivery for each data packet;
Mesh - network technology that provides self-healing and self-organization, reliability and flexibility of routing;
Up to 65536 nodes (modems) in the network;
Carrier Sense, Multiple Access, multiple access mechanism with carrier control and collision avoidance;
128-bit AES data encryption;
Data transfer speed, including service information - up to 250 kbit / s. [5].

As in the case of Wi-Fi, ZigBee uses CSMA-CA to significantly reduce the number of collisions caused by the transfer of data from multiple devices at the same time [6,7].

In addition, a separate emphasis should be placed on the fact that ZigBee networks are easy to install, as they are formed autonomously. Also, due to the combination of table-based routing and tree-based routing, it provides flexibility and the ability for developers to select a wide range of price / performance ratios, which in turn contributes to the formation of a scalable and inexpensive network infrastructure. Compared to Wi-Fi technology, ZigBee has a better “transmission distance / transmission speed / power consumption” ratio due to the fact that the primary processing of the linear-frequency pulse is performed in an analog way.

The disadvantages of ZigBee are: insufficiently high level of standardization and the lack of a single software and hardware platform for developing complex programs; low data transfer speed, as a result of which most of the ZigBee traffic is spent on packet transmission; limited compatibility of ZigBee devices from different manufacturers; lack of high level profiles.

Thanks to its advantages, ZigBee technology has been widely used in practice. So, it successfully integrates into life support systems for buildings and buildings (remote control of rheostats, switches, power sockets, etc.); systems of automatic reading from various meters (water, gas, electricity, etc.); control systems for household appliances and electronics; security systems (sensors for access and protection, movement, smoke, gas, water, etc.); environmental control and monitoring systems (pressure, temperature, humidity, vibration, etc. sensors); industrial automation systems.

The comparative characteristics of Bluetooth, Wi-Fi and ZigBee technologies are shown in Table 2. This information will help you make the right decision when choosing a wireless data technology.

Table 2. **Comparative characteristics of Wi-Fi, Bluetooth and ZigBee technologies**

Standards	Technology						
	ZigBee 802.15.4			Bluetooth	Wi-Fi		
					802.11b	802.11g	802.11n
GHz frequency	0,868	0,915	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4 (5)
Speed	20 kb / s	40 kb / s	250 kb / s	1 Mb / s	11 Mb / s	54 Mb / s	600 (300) Mb / s
Outgoing power	0 dBm			0-20 dBm	20 dBm	20 dBm	20 dBm
Radius of action, m.	10-100			10-100	100	100	150-300
Stack Size Kbytes	4-32			>250	>1000	>1000	>1000
Network size	216, 264			7+1	64	64	64
Battery life, h	2400-24000			24-240	12-120		
Maximum number of network elements	65536			7	100		
Security	+			Authentication, coding	68/124 bit encryption		
power usage	Low			Low	High		
Price	Low			Low	High		
Implementable Standards	IEEE 802.14.5			IEEE 802.15.1 IEEE 802.11	IEEE 802.11 a,b,n,g,ah		
Scope of application	Sensory systems			Mobile devices	Local networks		

Thus, the analysis allows us to draw the following conclusions. Today, the most common wireless technologies are Bluetooth, Wi-Fi and ZigBee. They enjoy such popularity due to their advantages, namely: the absence of wires, high and safe data transfer speed, the ability to transfer quite large amounts of information and accessibility for users.

Bluetooth technology is preferably used in mobile devices, since almost every one of them has a Bluetooth adapter. ZigBee technology is optimal for enterprises and office buildings. However, an analysis of the development of the modern market for mobile devices and network technologies indicates that in the future Wi-Fi will be the dominant technology. This is evidenced by the fact that most modern devices have a Wi-Fi adapter. In addition, in terms of creating custom applications, Wi-Fi is a more attractive technology for the software implementation of wireless data transmission.

At present, one of the acute problems of the development of Wi-Fi technology is an increase in the data transfer rate. It seems that one of the promising ways to solve this problem is to use the OFDM (N-OFDM) digital signal modulation methods (orthogonal and non-orthogonal frequency discrete modulations), spatio-temporal and spatially polarized signal processing technologies, as well as MIMO (multiple input - multiple output) based on digital antenna arrays. The development of the element base makes it possible to use these technologies both in low-power portable devices and in radio, radio relay and tropospheric communication stations. In addition, modern advances in processor technology make it possible to create unified communication systems with the possibility of software reconfiguration of equipment. Already, new antenna configuration options are being developed, up to 64x64 MIMO [8]. This will allow for even higher data rates, network capacity and spectral efficiency.

Therefore, given the fact that the potential of these technologies is not exhausted, research in this direction is promising and deserves additional attention, both from a practical and theoretical point of view.

REFERENCES

[1] Jim G. Wireless Networks. The First Step (Cisco) / Jim Geyer // M .: Williams, 2015 .-- 192 p.

[2] Bedell, P. “Networks. Wireless Technologies ”/ P. Bedell // M .: NT Press, 2018. - 448s.

[3] Sverdlova, A. A. Review of modern wireless technologies/ A. A. Sverdlova, A. Yu. Shmyrin, S.V. Yakovlev S.V. // Student science for the development of the information society. Collection of materials of the III All-Russian scientific and technical conference. - 2015 .-- S. 92-94.

[4] Vishnevsky, V.M. Broadband wireless networks for information transfer / V.M. Vishnevsky, A.I. Lyakhov, C.JI. Tailor, I.V. Shakhnovich // M .: Technosphere, 2015 .-- 591s.

[5] Challoo, R. An overview and assessment of wireless technologies and co-existence of ZigBee, Bluetooth and Wi-Fi devices / R. Challoo, A. Oladeinde, N. Yilmazer, S. Ozcelik, L. Challoo // Procedia Computer Science. - 2012. - T. 12. - P.386–391.

[6] Lee, J. S. “A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB,

[7] ZigBee, and Wi-Fi ”/ J.S. Lee, Y.W. Su, C.C.A. Shen // Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE. - IEEE, 2017. - P.46-51.

[8] Strelnikov, A. Yu. Technology of Wi-Fi wireless data transfer / A. Yu. Strelnikov, S. A. Stramousova // Young scientist. - 2016.- No. 9-4 (113). - S. 67–69.

[9] Nikolsky, V.V. Electrodynamics and radio wave propagation / V.V. Nikolsky, T.I. Nikolskaya // M .: Nauka, 2016 .-- 543 p.

[10] Gerla, M. Multicluster, mobile, multimedia radio network / Mario Gerla, Jack Tzu-Chieh Tsai // Wireless networks. 2015. No. 1. - p. 255-265.

[11] Gerla, M. Landmark Routing for Large Ad Hoc Wireless Networks / M. Gerla, X. Hong, and G. Pei // Proc. IEEE GLOBECOM. 2017.-№11.

[12] Gupta, P. Capacity of wireless networks. / P. Gupta and P.R. Kumar // IEEE Transactions on Information Theory. 2018. - Volume 46, Issue 2.

[13] Namiot, D. E. Smart cities 2016 / D.E. Namiot // International Journal of Open Information Technologies. - 2016. - T.4. - No. 1. S. 1-3.

[14] Mishin, Y. A. About computer-aided design systems in wireless networks / Ya.A. Mishin // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2017. No. 10. P. 153–156.

[15] Li, J. Capacity of ad hoc wireless networks / Jinyang Li, Charles Blake, Douglas S. J. De Couto, Hu Imm Lee, Robert Morris // Proceedings of the 7th annual International conference on Mobile computing and networking.- ACM, Rome. 2001. - S. 61–69.

[16] Kazakov, E.N. Development and software implementation of the algorithm for estimating the signal level in a Wi-Fi network / E.N. Kazakov // Modeling, optimization and information technology. 2016. No 1. P. 13.

Киселева О.В., Маратқызы К.

Сымсыз технологияларға шолу және салыстыру

Қысқаша мазмұны. Бүгінгі таңда ең танымал сымсыз технологиялар - бұл Bluetooth, ZigBee және, әрине, Wi-Fi. Сонымен қатар, осы технологиялардың әрқайсысы әртүрлі салалар мен жағдайларда тиімді. Мақалада осы заманауи технологиялар талқыланады, олардың артықшылықтары мен кемшіліктері айтылады және олардың тиімділігі қандай салаларға талдау жасалады.

Түйінді сөздер. Сымсыз технология, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi.

Киселева О.В., Мараткызы К.

Обзор и сравнение беспроводных технологий

Резюме. На сегодняшний день наиболее известными технологиями беспроводной связи являются Bluetooth, ZigBee и конечно же Wi-Fi. Приэтом каждая из этих технологий является эффективной в различных сферах и ситуациях. В статье рассмотрены современные технологии, выделены их преимущества и недостатки, а также дан анализ в каких сферах деятельности они наиболее эффективны.

Ключевые слова. Беспроводные технологии, Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi.

УДК 004

[1]K. Maratkyzy, [2]O. Kisseleva, [3]G. Seidakhmetova, [3]S. Zamanova, [1]Zh. Yessimova

([1]Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.
[2]Turan University, Almaty, Kazakhstan.
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
kundyz.maratkyzy@mail.ru)

5G HETEROGENEOUS NETWORKS TO SUPPORT THE INDUSTRIAL INTERNET

Abstract. The article discusses the objectives of the Industrial Internet, due to the transition from traditional systems for the dissemination of information to reliable transmission networks. The key principles for taking into account the basic requirements of the emerging Industrial Internet are presented.

Keywords. 5G heterogeneous networks, Industrial Internet, IoT applications.

As 5G technologies get ready to serve numerous IoT applications with increased requirements [1], an increasingly significant difference arises between consumer and industrial scenarios of their work. Indeed, the consumer segment of the Internet of things has been developing for a considerable time (for example, in the field of household automation) in order to improve the quality of life of people and society as a whole [2].

Moreover, the industrial segment of the Internet of things is a relatively recent area aimed at improving business relations between enterprises [3]. Using 5G communications, industrial users are striving to achieve ubiquitous and reliable connectivity that exceeds the capabilities of 4G technologies for providing mobile broadband access (see Figure 1).



Figure 1. Examples of 5G Industrial Internet Applications for Industrial Automation

However, many industrial IoT scenarios have inherent requirements that cannot be met by existing 3G and 4G networks, for example, in industrial production control systems and ensuring road safety, in the interaction between machines and their operators, in the areas of logistics and tracking objects, as well as in the automotive industry, energy, etc. [4].

To take into account the basic requirements of the resulting Industrial Internet [5], the following key principles must be observed:

- compatibility,
- virtualization,
- decentralization,
- real-time interaction,
- focus on improving the quality of services
- modularity [6],

which together can provide the required level of quality of service perception. For example, in the field of automation of production processes in the manufacture of products, quality control and loading and unloading operations, European countries launched a multi-year program called "Industrie 4.0" [7].

Initially supported by the German government, this initiative brings together public and private segments, as well as academia, to create a holistic vision and a coordinated approach to the use of wireless communication technologies in the industrial sector.

In response, China announced its own “Made in China 2025” program to promote national integration in digital technology and provide additional impetus to industrial development.

In Russia, the Digital Economy of the Russian Federation program was launched at the same time, which defines the goals and objectives of the development of key institutions and the basic infrastructural elements of the digital economy [8].

As the pace of research in the field of applications of the Industrial Internet accelerates worldwide, it becomes clear that 5G technologies will become the central link for meeting the needs of Industrie 4.0 and similar programs [9]. In this context, it is particularly difficult to maintain the availability of network connections in remote and hard-to-reach areas [10], which may be required by promising production automation systems and remote monitoring facilities [11].

At the same time, for organizing virtual or augmented reality services in tactile control tasks, modern mobile cloud technologies at the edge of the cell can be used [12].

Thus, the tasks of the Industrial Internet determine the transition from traditional information dissemination systems to reliable skill transfer networks [13], which may not be available for more than a few seconds during the year.

Unfortunately, the infrastructure of the modern Internet historically implements the principle of organizing communication "whenever possible", and significant changes are necessary to ensure the operation of reliable services [14].

In addition to extremely reliable wireless connections, some of these applications also require extremely low delivery delays (for example, continuous monitoring services) [15].

As a result, the entire protocol stack of the Industrial (tactile) Internet system must be redesigned in order to achieve stringent guarantees of the reliability of radio access [16; 17]. Here, reliability can be interpreted in the sense of the probability of obtaining a given quality of service at a certain time interval in certain working conditions.

In particular, to improve the performance characteristics of a radio channel, it may be advisable to refuse to use message retransmission mechanisms, since they inevitably introduce an additional undesirable delay [13].

An alternative approach in order to increase the reliability of transmission is the introduction of redundancy in the frequency or spatial domains by using multiple independent wireless channels.

Thus, parallel operation on several radio channels, also called simultaneous connection or multi-connectivity, is becoming an important way to increase the reliability of future applications of the Industrial Internet. Given the fact that the functionality of cellular systems is strictly regulated and initially implies the need to control interference, the use of mobile operator communication networks is becoming most attractive for the organization of basic connection and reliable control [18].

However, the latest Industrial Internet applications require closer interaction between 3GPP LTE cellular solutions and other radio access technologies in both public and private networks. The consensus today is that further development of LTE-Advanced systems will be accompanied by their integration with existing (e.g., WiFi) and new (e.g., New Radio) radio technologies to achieve higher-speed, reliable and continuous communication. Such a vision of the 5G heterogeneous ecosystem is generally accepted and is intended to provide the full range of its promising applications.

REFERENCES

[1] Lee, I. The Internet of Things (IoT): Applications, investments, and challenges for enterprises / I. Lee, K. Lee // Business Horizons. — 2015. — Vol. 58, no. 4.— Pp. 431–440.

[2] Atzori, L. The internet of things: A survey / L. Atzori, A. Iera, G. Morabito //Computer Networks. — 2010. — Vol. 54, no. 15. — Pp. 2787–2805.

[3] Li, S. The Internet of Things: a survey / S. Li, L. D. Xu, S. Zhao // Information Systems Frontiers. — 2015. — Vol. 17, no. 2. — Pp. 243–259.

[4] Thierer, A. Projecting the Growth and Economic Impact of the Internet of Things / A. O'Sullivan, A. Thierer // Mercatus Center, George Mason University. — 2015.

[5] World Economic Forum Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services // Industry Agenda. — 2015

[6] Hermann, M. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios: A Literature Review / M. Hermann, T. Pentek, B. Otto // Working paper. — 2015

[7] Varghese, A. Wireless requirements and challenges in Industry 4.0 / A. Varghese, D. Tandur // Proceedings of International Conference on Contemporary Computing and Informatics (IC3I) / IEEE. — Mysore, India, 2014. — Pp. 634–638.

[8] Borodın, A. S. Setı svıazı pıatogo pokolenıia kak osnova tsıfrovoı ekonomıkı / A. S. Borodın, A. E. Kýcherıavyı // Elektrosvıaz. — 2017. — № 5.— S. 45–51

[9] Wang, S. Implementing smart factory of Industrie 4.0: an outlook / S. Wang, J. Wan, D. Li, et al. // International Journal of Distributed Sensor Networks— 2016. — Vol. 12, no. 1. — Pp. 1–10.

[10] Galinina, O. Leveraging heterogeneous device connectivity in a converged 5G-IoT ecosystem / O. Galinina, S. Andreev, M. Komarov, et al. // Computer Networks. — 2017. — Vol. 128. — Pp. 123–132.

[11] 5G-PPP. 5G and the Factories of the Future [Электронный ресурс] /J.-S. Bedo, E. C. Strinati, S. Castellvi, et al. // White paper. — 2015.

[12] Moskvitch, K. Tactile Internet: 5G and the Cloud on steroids / K. Moskvitch //Engineering & Technology. — 2015. — Vol. 10, no. 4. — Pp. 48–53.

[13] Simsek, M. 5G-enabled tactile internet / M. Simsek, A. Aijaz, M. Dohler, et al. // IEEE Journal on Selected Areas in Communications. — 2016. —Vol. 34, no. 3. — Pp. 460–473.

[14] Derhamy, H. A survey of commercial frameworks for the Internet of Things /H. Derhamy, J. Eliasson, J. Delsing, et al. // IEEE 20th Conference on Emerging Technologies and Factory Automation (ETFA) / IEEE Communications Society. — Luxembourg, Luxembourg, 2015. — Pp. 1–8.

[15] Yilmaz, O. N. C. Analysis of ultra-reliable and low-latency 5G communication for a factory automation use case / O. N. C. Yilmaz, Y. E. Wang, N. A. Johansson, et al. // IEEE International Conference on Communication Workshop (ICCW) / IEEE. — London, UK, 2015. — Pp. 1190–1195.

[16] Osseiran, A. Manufacturing reengineered: robots, 5G and the Industrial IoT [Электронный ресурс] / A. Osseiran, J. Sachs, M. Puleri, et al. // Ericsson Business Review. — 2015.

[17] Kýcherıavyı, A. E. Taktılnyı Internet. Setı svıazı so sverhmalymı zaderjkamı / A. E. Kýcherıavyı, M. A. Makolkına, R. V. Kırıchek // Elektrosvıaz. — 2016. — № 1. — S. 44–46.

[18] Nıkıtın, A. V. Kontseptsıa postroenıa mýltıservısnoı setı operatora svıazı / A. V. Nıkıtın, V. O. Pıattaev, I. E. Nıkýlskıı ı dr. // Vestnık svıazı. — 2010. — № 5. — S. 47–49; № 7. — S. 41–45.

Мараткызы К., Киселева О., Сейдахметова Г., Заманова С., Есимова Ж.

Индустриялық Интернетке қолдау көрсету үшін 5G гетерогенді желілер

Түйіндеме. Мақалада ақпаратты таратудың дәстүрлі жүйелерінен сенімді тарату желілеріне өтуіне байланысты Индустриалды Интернет мақсаттары қарастырылады. Өнеркәсіптік дамып келе жатқан Интернеттің негізгі талаптарын ескерудің негізгі принциптері ұсынылған.

Түйінді сөздер. 5G гетерогенді желілер, Индустриялық Интернет, IoT қосымшалары.

Мараткызы К., Киселева О., Сейдахметова Г., Заманова С., Есимова Ж.

Гетерогенные сети 5G для поддержки Индустриального Интернета

Резюме. В статье рассмотрены задачи Индустриального Интернета, обусловленные переходом от традиционных систем распространения информации к надежным сетям передачи. Представлены ключевые принципы для учета основных требований возникающего Индустриального Интернета.

Ключевые слова. Гетерогенные сети 5G, Индустриальный Интернет, IoT-приложения.

УДК 004

O. Kisseleva[1], K.Maratkyzy[2]
([1] Turan University, Almaty, Kazakhstan.
[2] Satpaev University, Almaty, Kazakhstan.
kundyz.maratkyzy@mail.ru)

BASIC PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND OPERATION IEEE 802.11 NETWORKS

Abstract. The article examined in detail what constitutes the IEEE 802.11 standard - as the basis for all subsequent specifications. Effective principles of constructing and formalizing the structure of the wireless channel of the 802.11 standard are determined, taking into account the maximum possible number of factors that affect the transmission characteristics.

Keywords. IEEE 802.11 networks, Wi-Fi, Open System Interconnection Models (OSI).

The introduction of wireless broadband technology based on the IEEE Series 802.11 (Wi-Fi), as noted above, may provide users with the need not only for broadband access to the Internet, but also in terms of the transmission of data over Wi-Fi. In addition, Wi-Fi provides an opportunity to build trust networks that can contribute to the expansion of the customer base and provide users with a fundamentally new services. All this is possible if the correct and effective construction of the network itself.

As evidenced by the analysis of the existing scientific and specialized works on the subject, now in wireless technology research 802.11 are becoming more common. This is due to the fact that the hardware and protocols that underlie such networks are novel enough and quickly developing.

Great attention to the analysis and solution of reliable wireless network design problems, including the IEEE 802.11 standard, as well as the creation of software and hardware for them, give the leading companies in the production of radio-electronic components, namely, Digi, Freescale, Semiconductor, Ember, Texas Instruments etc. Currently, research in this field are mainly on the development of new communication protocols.

In the scientific field are the following developments. For example, in [1-3], the main characteristics of wireless systems and provides a general expression for the power of the receive signal. Along with studies of 802.11 standards, studies of the standard 802.16 [2-4]. These standards are similar to each other, and they are

characterized by the presence of the same types of interference in the transmission medium. In [5 to 7] were evaluated and reasons given methods to combat inter-channel interference to multi-position signals. As a result, it was found that when using a large number of subcarriers, increasing the transmission rate in the channel, as well as increased requirements for parameter signal / noise ratio. One of the important factors that must be considered is the type of modulation.

The 802.11 standard uses two types of MPSK modulation for the low-speed and high-speed transmission for QPSK. As studies [8,9] one of the criteria for the effectiveness of information transfer is to ensure the appropriate level of signal / noise ratio.

There is no doubt that the key parameter that characterizes any channel - this bandwidth [10]. It is the provision of this parameter within certain limits and possibilities of its increase, evidence of the effectiveness of the channel work. On the other hand, considering the standard of wireless channels Wi-Fi, you can observe a small allocated frequency resource, which is located a large number of networks that use the same channel for transmission of information [11]. This is especially true of regions with high complexity of building and population density (number of networks can reach more than 50). In this case, the coincidence frequency channels, each network data packets occupy time intervals between packets of another network. All these factors give rise to noise and reduce parameter useful bandwidth.

Thus, in view of the foregoing, it is appropriate to determine the effective principles of construction and formalizing the structure of the wireless channel standard 802.11 relation to the maximum possible number of factors that influence the transmission characteristics to consider in detail, which is a IEEE 802.11 standard as a reference for all following specifications.

As with all of the standards committee IEEE 802, IEEE 802.11 in the paper examines the two lower levels of the Open System Interconnection (OSI): physical and data link (Data Link layer). The latter is divided into two sublevels. Upper - Logical Link Control (LLC) - is described in the IEEE 802.2 standard [72]. IEEE 802.11 standard treats only the lower sublayer - Medium Access Control (MAC), i.e. access control channel (transmission medium) [13,14]. In other words, the physical layer standard defines a method of operating a transmission medium, the rate and modulation techniques. At MAC level - the principle on which the device is used (shared) common channel connecting methods, devices to the access points and the authentication, data protection mechanisms [13-16]. Since the IEEE 802.11 standard was developed as a "wireless Ethernet», it provides for a packet with a 48-bit address of the packet, as well as any Ethernet network. IEEE 802 Committee paid special attention to the compatibility of all their standards, resulting in wired and wireless networks IEEE 802 easily combined with each other.

From the perspective of building a wireless Wi-Fi networks, transmission channels for the analysis can be represented as an access point and user interfaces adaptery-. Each such device contains both a transmitter and a receiver which carry out the exchange of radio signals via the transmission medium, and also serve as information transmitters in network interfaces of radio signals and vice versa [12].

In the simplest case, the construction of the wireless transmission channel may be considered as a pair - the transmitter and receiver, as shown in Figure 1.

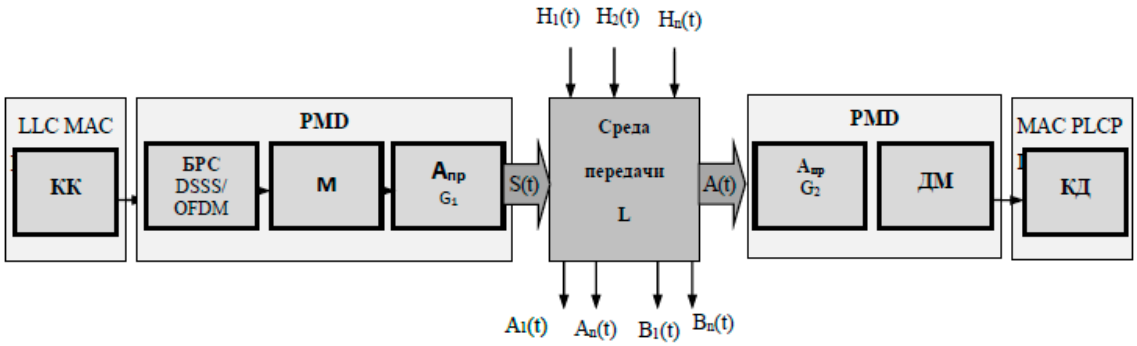


Figure 1. The structure of the wireless channel Wi-Fi standard

B1 (t), ..., Bn (t) - Disturbances that are natural character, interference from other transmission systems, devices and appliances;
A1 (t), ..., A n (t) - Interference from other transmitters which make a standard Wi-Fi;
H1 (t), ..., Hn (t) - Harmful interference.

Link layer (LLC sublayer and MAC) sublayer and PLCP noiseless coding is carried out, the so-called channel encoder (CC). This is where you frame the formation of PPDU, which houses the official and useful information to be transmitted.

PMD sublayer of a link layer converts the binary sequence into a modulated HF oscillation via the quadrature modulator (M) and block spreading (RSB). For 802.11 n standards and higher use OFDM, but for the lower - DSSS. At the output of the transmitting antenna (April) formed signal S (t) and enters the transmission medium. Power signal transmitter is a predetermined value and is for the Wi-Fi standard 100 mW. Along with this value the internal noise of electrical circuits of the transmitter are small and can be neglected. Main disturbance leading to changes in signal attenuation and act on the transmission medium.

When considering the next stage of the radio path, we can not ignore the key issue - the frequency range. IEEE 802.11 is bound to exist in the United States and several other countries license-free frequency bands. Initially, it was focused on a range of 2,400-2,4835 GHz bandwidth of 83.5 MHz. [12-15] spectral mask defines the standards for a single channel is shown in Fig. 2 (peak power is measured with respect to the function Sin (x) / x). Channel width at -30 dB is 22 MHz, thus, a band of 83.5 MHz possibly three channels that do not overlap.

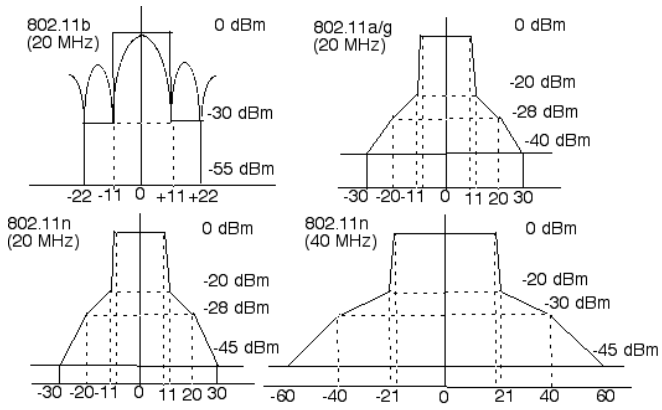
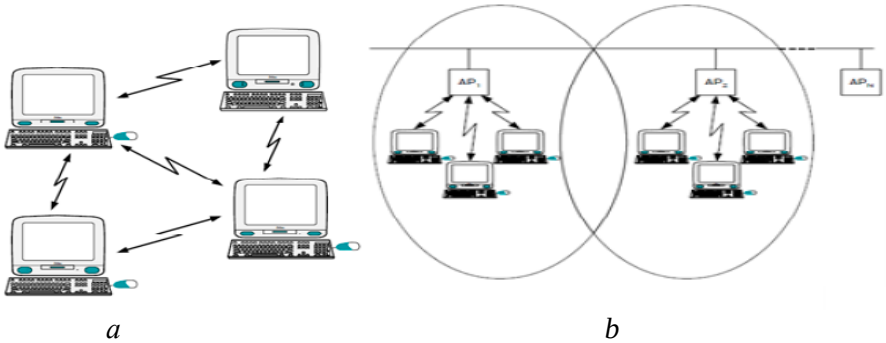


Figure 2. Spectral channel mask 802.11

The IEEE 802.11 standard provides two basic ways to organize local network: the principle of "equal to equal» (ad-hoc-network - Figure 3 a.) In the form of a structured network (Figure 3 b.).



a *b*

Figure 3. Network architecture 802.11 a - Ad-hoc-network;
b - Structured web

In the first case, a) connection is established directly between two stations, and no administration is not provided. In the case of structured networks (and, as experience has shown, this is the main way to construct IEEE 802.11 networks) in their composition there is an additional device - the access point (AP - Access Point), usually stationary, and operating on a fixed channel. Communication between devices takes place only via the AP. Through them, the possible output to the external wired network.

In IEEE 802.11 networks can be several AR, United wired Ethernet network. In fact, such a network is a set of base stations with coverage areas that overlap. IEEE 802.11 standard permits displacement devices from one area to another AR (roaming), thereby providing mobility [13-16]. Since the mobile station is an important question of life batteries, the standard laid special power management protocol - directly in the exchange of the transmitter can transfer the receiver in standby mode.

Furthermore, when constructing networks are IEEE 802.11vazhnymi number following points.

Firstly, it is a choice of standard wireless network. Comparison of standards is given in Table 1.1 As this table indicates, has undoubted advantages IEEE 802.11n standard, which include: increased data rate; · Increasing the coverage area; increase in the reliability of signal transmission; increase throughput. At the physical level is implemented standard advanced signal processing and modulation added simultaneous signal transmission through four antennas. At the network level, it implemented a more efficient use of available bandwidth. Together, these enhancements can increase the theoretical data rates up to 600 Mbit / s, more than ten times, compared to 54 Mbit / s 802.11a / g standard.

Secondly, it is necessary to determine the method of combining all the elements of the wireless network. The aim is that each mobile device in the controlled zone has been able to send and receive data from the wireless network. In principle this should be observed, wherein the movement of the mobile device from a Wi-Fi coverage area to another area will be imperceptible to the user, i.e., I did not have to do manually reconnect and enter the password.

The main modes of Wi-Fi access points are:

- Access Point AP mode (AP);
- Wireless Bridge mode Wireless Bridge;
- AP / Bridge mode (AP + Bridge);
- Repeater Mode Repeater (Bridge / Repeater);
- Roaming Mode (Roaming);
- Mode wireless distribution system WDS (Wireless Distribution System).

Third, the choice of equipment. A variety of network of wireless devices a huge manufacturing companies and more brands of these devices. It is necessary to clearly define the selection criteria and the key moments. It appears that the selection of equipment in the first place should pay attention to the following features:

- Internal or external access point (indoors / outdoors);
- The type of antenna (directional, omni-directional);
- The presence of ports (which has connectors in the apparatus);
- What standards supports (IEEE 802.11);
- Frequency range;
- wireless signal;
- Operating modes;
- how many users simultaneously supports one point access.

Fourthly, the possible loss of efficiency of Wi-Fi signal after passing through various obstacles (see. Table 1).

Table 1. **Loss of efficiency of Wi-Fi signal while passing through different environments**

Let	additional loss dB	efficient distance,%
Open space	0	100
Window	3	70
wooden wall	10	thirty
15.2 cm thick interior wall	15-20	fifteen
Bearing wall thickness of 30.5 cm	20-25	10
Concrete floor or ceiling	15-25	10-15
Precast reinforced concrete overlap	20-25	10

Thus, to summarize, we note that in the process of designing a wireless network, you need to take into consideration: communication standard way of integrating the access points, the type of equipment and coverage.

"Useful" signal. If one of the four points are not taken into account, the range of the signal will be reduced in a multiple amount. This, in turn, will contribute to the emergence of delays and errors while receiving access to a lot of traffic. Therefore, to date, it seems urgent to search for new methods and means to minimize the impact of the above

factors. One of these directions - improvement of mathematical models of wireless networks and their channels that are able to take into account the possible features of the transmission medium.

REFERENCES

[1] Meraj Ahmed, Naseef Mansoor, Amlan Ganguly. A one-to-many traffic-oriented mm-wave wireless network-in-package interconnection architecture for multichip computing systems//Sustainable Computing: Informatics and Systems. – 2020. - Volume 26. - Article 100379

[2] Khalid Hasan, Khandakar Ahmed, Kamanashis Biswas. Software-defined application-specific traffic management for wireless body area networks//Future Generation Computer Systems. - Volume 107. – 2020. - Pages 274-285

[3] Tariq Benmansour, Toufik Ahmed, Samira Moussaoui, Zouina Doukh. Performance analyses of the IEEE 802.15.6 Wireless Body Area Network with heterogeneous traffic//Journal of Network and Computer Applications. - Volume 1631. – 2020. - Article 102651

[4] Feng Lu, Jingru Hu, Laurence Tianruo Yang. Energy-efficient traffic offloading for mobile users in two-tier heterogeneous wireless networks//Future Generation Computer Systems. - Volume 105. – 2020. - Pages 855-863

[5] Weiqiang Wang. Deployment and optimization of wireless network node deployment and optimization in smart cities//Computer Communications. - Volume 1551. – 2020, - Pages 117-124

[6] Fadi Al-Turjman, Ayman Radwan, Shahid Mumtaz, Jonathan Rodriguez. Mobile traffic modelling for wireless multimedia sensor networks in IoT//Computer Communications. - Volume 1121. – 2017. - Pages 109-115

[7] Melchizedek I. Alipio, Alex Gyran A. Co, Melinda Faye C. Hilario. Value-based utility implementation in software-defined testbed for sensor data traffic management//Future Generation Computer Systems. - Volume 101. – 2019. - Pages 737-746

[17] Strelnikov, A. Yu. Technology of Wi-Fi wireless data transfer / A. Yu. Strelnikov, S. A. Stramousova // Young scientist. - 2016.- No. 9-4 (113). - S. 67–69.

[18] Nikolsky, V.V. Electrodynamics and radio wave propagation / V.V. Nikolsky, T.I. Nikolskaya // M .: Nauka, 2016 .-- 543 p.

[19] Gerla, M. Multicluster, mobile, multimedia radio network / Mario Gerla, Jack Tzu-Chieh Tsai // Wireless networks. 2015. No. 1. - p. 255-265.

[20] Gerla, M. Landmark Routing for Large Ad Hoc Wireless Networks / M. Gerla, X. Hong, and G. Pei // Proc. IEEE GLOBECOM. 2017.-№11.

[21] Gupta, P. Capacity of wireless networks. / P. Gupta and P.R. Kumar // IEEE Transactions on Information Theory. 2018. - Volume 46, Issue 2.

[22] Namiot, D. E. Smart cities 2016 / D.E. Namiot // International Journal of Open Information Technologies. - 2016. - T.4. - No. 1. S. 1-3.

[23] Mishin, Y. A. About computer-aided design systems in wireless networks / Ya.A. Mishin // Bulletin of the Voronezh Institute of High Technologies. 2017. No. 10. P. 153–156.

[24] Li, J. Capacity of ad hoc wireless networks / Jinyang Li, Charles Blake, Douglas S. J. De Couto, Hu Imm Lee, Robert Morris // Proceedings of the 7th annual International conference on Mobile computing and networking.- ACM, Rome. 2001. - S. 61–69.

[25] Kazakov, E.N. Development and software implementation of the algorithm for estimating the signal level in a Wi-Fi network / E.N. Kazakov // Modeling, optimization and information technology. 2016. No 1. P. 13.

Киселева О.В., Маратқызы К.

IEEE 802.11 желілерін құру мен пайдаланудың негізгі принциптері

Түйіндеме. Мақалада IEEE 802.11 стандартын құрайтыны, келесі барлық сипаттамаларға негіз болады. 802.11 стандартындағы сымсыз арна құрылымын құрудың және ресімдеудің тиімді принциптері беріліс сипаттамаларына әсер ететін факторлардың максималды санын ескере отырып анықталған.

Түйінді сөздер. IEEE 802.11 желілері, Wi-Fi, ашық жүйенің өзара қосылу модельдері (OSI).

Киселева О.В., Мараткызы К.

Основные принципы построения и функционирования сетей IEEE 802.11

Резюме. В статье подробно рассмотрено, что представляет собой стандарт IEEE 802.11 - как базовый для всех последующих спецификаций. Определены эффективные принципы построения и формализации структуры беспроводного канала стандарта 802.11, с учетом максимально возможного количества факторов, которые оказывают влияние на характеристики передачи.

Ключевые слова. Сети IEEE 802.11, Wi-Fi, модели взаимодействия открытых систем (OSI).

UTC: 62:004.9
УОК: 62:004.9

Y. Maigazyyev

(Information Systems, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: roflan456@mail.ru)

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR INTELLECTUAL ANALYSIS OF LEARNING RESULTS

Abstract. Currently, e-education is actively developing, as a result of which the format of open online courses (QMS) is widely distributed. Online distance education systems collect a lot of information about course students and their learning outcomes. This type of data requires further analysis to make recommendations for improving the educational process. In this intellectual analysis, educational Data Mining, which develops data research methods for the educational field, has led to the emergence of data in a separate direction.

The scientific article discusses methods for analyzing the results of distance learning, including the use of data mining technology.

Keywords: distance education, learning outcomes analysis, data mining.

Е. Майғазиев

ОҚЫТУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЗИЯТКЕРЛІК ТАЛДАУДЫҢ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ

Аңдатпа. Қазіргі уақытта электрондық білім беру белсенді дамуда, соның салдарынан жаппай ашық онлайн-курстар (ЖАОК) форматы таратылуда. Қашықтықтан онлайн білім беру жүйелері курс студенттері мен оларды оқыту нәтижелері туралы көптеген мәліметтер жинақтайды. Осы типтегі мәліметтер оқу процесін жақсарту үшін ұсыныстар жасау үшін одан әрі талдауды қажет етеді. Бұл зияткерлік талдауда білім беру саласы үшін деректерді зерттеу әдістерін әзірлейтін білім беру процесінің деректерін зияткерлік талдау (Educational Data Mining) – жеке бағыттағы деректердің пайда болуына әкелді.

Ғылыми мақалада қашықтықтан оқыту нәтижелерін талдау тәсілдері, оның ішінде деректерді зияткерлік талдау технологиясын қолдану қарастырылады.

Түйін сөздер: қашықтықтан білім беру,оқыту нәтижелерін талдау, мәліметтерді зияткерлік талдау.

Кіріспе

Білім беру саласында шешім қабылдау - бұл көптеген мүдделі адамдар қатысатын күрделі, көп өлшемді процесс.

Тиімді шешім қабылдау үшін оқу процесіне қатысушылардан оның әртүрлі кезеңдерінде түсетін ақпаратты талдау маңызды . Ұзақ уақыт бойы оқу орындарының ақпараттық жүйелерінде оқу процесінің әртүрлі аспектілері туралы ақпарат жинақталады: студенттер және олардың үлгерімі, оқытушылар және олардың ғылыми-білім беру жұмысы туралы. Қашықтықтан оқыту курстары, білім беру форумдары, студенттердің тестілеу және сауалнама жүйелері және басқалары құрылуда.

Статистика, машиналық оқыту және білім алу әдістері оқу процесінің барлық қатысушылары үшін пайдалы болатын көптеген міндеттер бар: студенттер, оқытушылар, оқу курстарын жасаушылар, әдіскерлер, білім беру саласының әкімшілік қызметкерлері. Алайда, қазіргі уақытта бұл әдістерді практикалық қызметте қолданудың теориялық негізі жеткілікті дамымаған.

Білім беру деректерін зияткерлік талдау (ағылш. Educational data mining, бұдан әрі-EDM) - шешім қабылдауды қолдау мақсатында білім беру процесі және оның қатысушылары туралы бұрын белгісіз, іс жүзінде пайдалы және түсіндірілетін білімді анықтау әдістерінің жиынтығы. EDM мақсаты-жасырын заңдылықтарды табу үшін оқу процесі аясында алынған мәліметтерді өңдеу және талдау. EDM аясында білім беру саласындағы қолданбалы есептерді шешудің әдістері, алгоритмдері және интеллектуализация құралдары жасалады.

Шешім қабылдауды қолдау үшін қажетті маңызды міндеттердің бірі, ең алдымен, білім алушының құзыреттілік моделін құрудан бұрын құзыреттілік деңгейінің қалыптасуын бағалау болып табылады.

Білім беру деректерін зияткерлік талдау.

Educational data mining терминін қазақ тіліне білім беру деректерін зияткерлік талдау (ББДЗТ) деп аударуға болады. Ағылшын әдебиетінде EDM-нің бірнеше анықтамалары белгілі. Атап айтқанда, осы саладағы жетекші зерттеушілердің бірі EDM - ге келесі анықтама берді-бұл білім беру ортасынан алынған мәліметтердің ерекше түрлерін зерттеу әдістерін жасауға және студенттер мен олар оқитын ортаны түсінуді жақсарту үшін осы әдістерді қолдануға байланысты ғылыми пән .

Алайда, бұл анықтамада data mining-тің өзі, яғни деректерді зияткерлік талдау көрсетілмейді. EDM - бұл білім беру мәліметтерінің қол жетімділігінің артуына байланысты педагогикалық ғылым да, мәліметтерді зияткерлік талдау үшін кең қолдану саласы. EDM ағымдағы білім беру практикасы мен оқыту материалдарын жақсарту үшін деректерге негізделген шешім қабылдауды жүзеге асыруға мүмкіндік береді.

Сол сияқты, мақала авторлары EDM-ды басқалай анықтауға болады.EDM-бұл білім беру ортасынан алынған және маңызды білім беру мәселелерін шешу үшін қолданылатын нақты мәліметтер жиынтығы үшін деректерді зияткерлік талдау әдістерін қолдану.

Кейбір егжей - тегжейлерде әр түрлі бола отырып, барлық осы анықтамалар бір-біріне сәйкес келеді: EDM - бұл білім беру процесінің деректерінен оны жақсарту үшін білім алу.

Жалпы, data mining (деректерді зияткерлік талдау) термині қызметтің әртүрлі салаларында шешім қабылдау үшін қажетті жаңа, тривиалды емес және іс жүзінде пайдалы білімді анықтауды білдіреді . EDM - деректерді зияткерлік талдау шеңберіндегі бағыт.

Жоғарыда айтылғандарды ескере отырып, анықтама береміз. Білім беру деректерін зияткерлік талдау-бұл шешім қабылдауды қолдау мақсатында білім беру процесі және оның қатысушылары туралы бұрын белгісіз, іс жүзінде пайдалы және түсіндірілген білімді анықтау әдістерінің жиынтығы.

ББДЗТ компьютерлік технологиялар, дидактика және математикалық статистикаға негізделген. Пәнаралық сала ретінде ББДЗТ статистикадан, машиналық оқытудан, деректерді талдаудан, ақпаратты іздеуден, ұсыныс жүйелерінен, танымдық психологиядан әдістерді қолданады. Қандай әдісті қолдану керектігін таңдау шешілетін мәселеге байланысты болады.

Білім алушылар үшін.

Жеке тұлғаға бағытталған оқыту, оның ішінде практикадан өтуді және курстық жұмыстарды орындауды қоса алғанда, жеке оқу жоспарларын ұтымды қалыптастыру, сондай-ақ таңдау бойынша пәндерді және факультативтік сабақтарды ескере отырып,кәсіптік бағдарлау және кәсіби қызмет саласын неғұрлым тар таңдау.

Атап айтқанда, Машиналық оқыту әдістерінің көмегімен пәнді меңгерген студенттерді ақпаратты қабылдау топтарына бөлуге болады (мысалы, Майерс-Бриггс типологиясын ескере отырып). Бұл оқу мазмұнын әр топ студенттерінің танымдық мүмкіндіктеріне бейімдеуге мүмкіндік береді , оның ішінде оқу процесін белгілі бір оқушыға бейімдеуге мүмкіндік береді. Бейімделу оқу материалдарының тиісті типтерін іріктеуді және оларды ұйымдастыруды (қашықтықтан оқыту кезінде) қамтиды.

Сондай-ақ, деректерді зияткерлік талдау әдістері жеке оқу мазмұнын таңдауға және жеткізуге, сондай-ақ бейімделген көмек көрсетуге мүмкіндік береді. Мысалы, ұсыныс жүйесі студенттер тобына болашақ мансабы үшін маңызды белгілі бір оқу курстарын ұсынады .

Оқытушылар үшін.

Деректерді интеллектуалды талдау әдістері мұғалімдерге студенттер мен олардың уәждерін жақсы түсінуге мүмкіндік береді. Оқу курсын құру кезінде өткен курстардың нәтижелерін талдауға сүйене отырып, мұғалім білім беру деректерін зияткерлік талдауға сүйене отырып, студенттердің мінез-құлқын алдын-ала болжай алады және материалды олардың қажеттіліктеріне бейімдей алады.

Деректерді зияткерлік талдау әдістері автоматтандырылған режимде оқу процесі туралы жауап жинауға мүмкіндік береді - бұл оқу пәні шеңберіндегі студенттердің интегралды бағасы немесе жұмыс динамикасы болуы мүмкін (орындалған бақылау жұмыстары, үй тапсырмалары, өткен тесттер, топішілік форумда белсенділік және т.б.). Сондай-ақ, мұғалім студенттерді топтарға жіктеуге мүмкіндік алады, мысалы, үлгерім, белсенділік, жыныс, жас және басқа көрсеткіштер.

Қашықтықтан оқыту жүйелерінде, сондай-ақ оқу мазмұнын басқару жүйелерінде (Learning Content Management Systems, LMS/LCMS) деректерді зияткерлік талдау әдістерін қолдану оқытушыға студенттер жіберетін қателіктердің жиілігін талдау және тарату құралдарын ұсынады. Қарастырылған тақырыптар, тапсырманың уақыты, алдыңғы бағалар сияқты қосымша параметрлерді қолдана отырып, мұғалім студенттерде кездесетін қателіктердің себептерін түсіне алады.

Білім беру бағдарламалары мен оқу жоспарларын әзірлеушілер үшін.

Деректерді талдау оқу процесінде курсты пайдалану тиімділігін бағалауға мүмкіндік береді, нәтижесінде оқу жоспарын, оның ішінде оқытуды дараландыру тенденциясы жағдайында оның вариативті бөлігін құрған дұрыс. Білім беру деректерін интеллектуалды талдау әдістерін қолдану студент пен түлектің құзыреттілік модельдерін құруға мүмкіндік береді.

Деректерді зияткерлік талдау әдістеріне сүйене отырып, студент қандай оқу материалдарына жиі жүгінетіні, көру жиілігі мен ұзақтығы туралы егжей-тегжейлі ақпарат жинауға мүмкіндік береді. Барлық осы ақпарат сақталады және курсты белгілі бір оқушыға бейімдеу мақсатында өңделеді. Мысалы, егер студент үй тапсырмаларын және бақылау жұмыстарын өте тез орындаса, онда оған қысқартылған курс жолдары, сондай-ақ күрделі тапсырмалар (міндетті емес) ұсынылады. Егер студент тест тапсырмаларын орындауға көп уақыт жұмсаса, жүйенің компоненті бейімделген кеңесті жасайды. Егер студент курстың кез-келген бөлігінде қиындықтар туындаса, мұны тесттердегі, тесттердегі, үй тапсырмаларындағы және форумдағы сұрақтар бойынша қателіктер негізінде түсінуге болады. Бұл жағдайда қосымша материалды зерттеу үшін ұсыныстар жасалуы мүмкін.

Осылайша, ББДЗТ қолданудың келесі негізгі мақсаттарын атап өтуге болады: студенттердің модельдерін құру, студенттердің үлгерімін болжау, білім беру траекториясын дараландыру, мүдделі тұлғалар арасындағы өзара іс-қимыл, оқу курстарын жақсарту. Осы мақсаттарды толығырақ қарастырайық.

Білім алушылардың модельдерін құру.

Білім беру саласындағы пайдаланушыны модельдеу білім, білік, мотивация, қанағаттану, тәжірибе, оқу прогресі сияқты сипаттамалардың егжей-тегжейлі сипаттамасын қамтиды. Сондай-ақ, модельдеу процесінде оқу процесіне теріс әсер ететін әртүрлі мәселелерді, сондай-ақ оқу артықшылықтары мен стильдерін сипаттауға болады. Білім алушылардың модельдерін құру-білім беру деректерін зияткерлік талдаудың негізгі міндеті. Бұл саладағы бірде-бір зерттеу білім алушының моделін алдын-ала құрусыз мүмкін емес.

EDM - дің тағы бір маңызды міндеті-студенттердің үлгерімін болжау, оның мақсаты студенттердің іс-әрекеті негізінде оқу нәтижелерін болжау болып табылады. Атап айтқанда, жұмыс жіктеу әдістерін қолдана отырып, үлгерімді болжауға арналған. Мақалада үлгерімді болжау LMS Moodle логтары негізінде жүзеге асырылады.

Айта кету керек, әртүрлі мақсаттар көбінесе білім алушылардың моделіне байланысты. Шын мәнінде, мұндай модельді құру білім беру деректерін зияткерлік талдау үшін негіз болып табылады.

Қорытынды.

Осылайша, ақпараттық-аналитикалық басқару жүйесі ЖОО-ның білім беру процесінің сапасын қамтамасыз ету ғана емес ЖОО-ны әкімшілік басқару ағымдағы және перспективалық жағдай туралы ақпарат береді, сонымен қатар ЖОО-ның білім беру процесінің проблемалық аймақтарын анықтайды, нақты бағыттағы жұмысты күшейту үшін түзету әрекеттерін жасайды.

Жедел және интеллектуалды өңдеу нәтижелері түрінде ұсынылған түзету әрекеттері оқу нәтижелерінің сапасын бағалауға мүмкіндік береді және оны басқару әдістері туралы гипотезалар жетілдіреді.

Бұл мәселелерді білім беру деректерін зияткерлік талдау арқылы шешу-бұл жаңа буын стандарттарын енгізуге байланысты жоғары мектеп тап болған өзекті теориялық және практикалық міндет екенін түсінуге болады .

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Атанов Г.А. Моделирование учебной предметной области, или предметная модель обучаемого // Educational Technology & Society. - 2000. - № 3 (3) - С. 111124.

[2] Атанов Г.А., Пустынникова И.Н. Обучение и искусственный интеллект, или Основы современной дидактики высшей школы. - Донецк: Изд-во ДОУ, 2002. - 504 с.

[3] Бершадский М.Е. Введение в когнитивную технологию обучения. // Школьные технологии, № 4. - 2011. - С. 34-40.

[4] Бидюк П.И., Терентьев А.Н. Построение и методы обучения байесовских сетей // Тавршський вюник шформатики і математики, №2. - 2004. - С. 139-154.

[5] Брусиловский П.Л. Интеллектуальные обучающие системы // Информатика. Информационные технологии. Средства и системы. №2. - 1990. - с. 3-22.

[6] Буль Е.Е. Обзор моделей студента для компьютерных систем обучения // Образовательные технологии и общество (Educational Technology & Society). Том.

[7] Управление качеством в высшем учебном заведении / Г.М. Мутанов, А.К. Томилин, Ю.Е. Кукина [и др.]. – Усть-Каменогорск, 2011. – 116 с.

[8] СТ РК ИСО 9000-2007. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь. – Взамен СТ РК ИСО 9000-2001; Введ. 2008–01–07. – Астана, 2007.– 76 с.

[9] Константиновский Д.Л. От сбора статистических данных – к информационному обеспечению принятия решений / Д.Л. Константиновский, М.Л. Агранович, О.Я. Дымарская. – 2-е изд., доп. и перераб. – М., 2006. – 160 с.

[10] Андреева Н.В., Нестеров С.А. Управление данными: онлайн-курс.

[11] Барсегян А. А. Методы и модели анализа данных: OLAP и Data Mining / А. А. Барсегян, М.С. Куприянов, В. В. Степаненко, И. И. Холод. – СПб.:БХВ-Петербург, 2004. – 336 с.

[12] Грас, Дж.Data Science. Наука о данных с нуля. СПб: БХВ-Петербург, 2017. – 336 с.

[13] Готская И. Б. Маркетинговое проектирование методической системы обучения информатике студентов педвузов: Монография. - СПб., 1999. - 114 с.

[14] Дюк В., Самойленко А. Data Mining: учебный курс. — СПб.: Питер, 2001. — 368 с.

[15] Ефремова Н.Ф. Компетенции в образовании. Формирование и оценивание. -М.: Национальное образование, 2012. - 416 с.

Майгазиев Е.

Исследование и разработка системы интеллектуального анализа результатов обучения.

Ключевые слова: дистанционное образование, анализ результатов обучения, интеллектуальный анализ данных.

УДК 004.89+371.26

[1]Y. Maulenov, [2]H. Guruler, [1]V. Serbin, [3]G. Mamatova, [1]Zh. Bekaulova
([1]International IT University, Almaty, Kazakhstan
[2] Mugla Sitki Kocman University, Mugla, Turkey
[3]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: elzhanms@gmail.com

CONCEPTUAL MODEL OF AN ADAPTIVE EDUCATIONAL ONLINE SYSTEM BASED ON SMART TECHNOLOGIES

Abstract. The purpose of the current work is to introduce to reader with the conceptual model of the future adaptive online educational system based on SMART technologies. The system can be used in two possible ways. The first, as an additional tool for modifying the traditional learning process by optimizing repetitive elements that can be automated. Second, to modernize the current learning process by introducing new teaching methods, such as e-learning, m-learning, blended learning, and others. As a result, system promotes shift of teacher-centric approach to the student-centric. Nevertheless, it is noted that the role of the teacher is not leveled, but rather, the teacher acts as a mentor who will be able to maximize his/her potential using SMART technologies. This, in turn, will positively affect the quality of knowledge received by students in this educational system.

Keywords: e-learning, online assessment, adaptive learning, adaptive assessment, adaptive testing, knowledge graph, smart technologies, m-learning, graph theory.

[1]Е.С. Мауленов, [2]H. Guruler, В.В. Сербин[1], Г.У. Маматова[3], Ж.М. Бекаулова[1]
[1] Международный университет информационных технологий, г.Алматы, Казахстан
[2] Университет Муглы Ситки Кочман, г.Мугла, Турция
[3] Казахский национальный университет имени аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
E-mail: elzhanms@gmail.com

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОНЛАЙН СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ SMART ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. Цель текущей работы познакомить читетеля с концептуальной моделью будущей разрабатываемой адаптивной образовательной онлайн системой, основанной на SMART технологиях. Система может быть использована двумя возможными путями. Первый, как дополнительный инструмент для модификации традиционного процесса обучения путем оптимизации повторяющихся элементов, которые могут быть автоматизированы. Второй, модернизировать текущий процесс обучения путем внедрения новых методик

преподавания, такие как e-learning, m-learning, blended learning и других. В результате работы системы подход, ориентированный на преподавателя (teacher-centric) заменяется подходом, ориентированным на студента (student-centric). Тем не менее особо отмечается, что роль преподавателя не нивелируется, а наоборот, преподаватель выступает в качестве ментора и наставника, который с использованием SMART технологий сможет максимально раскрыть свой потенциал. Это в свою очередь положительно скажется на качестве знаний получаемых обучаемыми в этой образовательной системе.

Ключевые слова: e-learning, онлайн оценивение, адаптивное обучение, адаптивное оценивание, адаптивное тестирование, дерево знаний, smart технологии, m-learning, теория графов.

Введение. В последние годы становится популярным получать образование онлайн. Помимо этого, в связи с появлением и распространением коронавируса по всему миру в конце 2019 и начале 2020 года большая часть компаний остановило деятельность или перешло на онлайн функционирование. Это же касается учебных заведений от школ до университетов. Внезапный рост внимания и примеров практического применения или перехода на онлайн формат привел к более продуктивному росту числа исследований в сфере e-learning. Martin Ebner и другие провели анализ процесса перехода учебного процесса с традиционного офлайн на онлайн формат на примере австрийского университета Graz University of Technology (TU Graz) [1]. В Китае правительством была инициирована кампания «School's Out, But Class's On», которая подразумевает создание крупно-масштабного онлайн образовательного приложения для обучающихся со всей страны [2]. Из-за введенного карантина более 270 миллионов китайских обучающихся вынуждены были перейти в онлайн. Для того, чтобы системы поддерживали нагрузку от такого количества пользователей были использоаваны облачные технологии, которые позволяют разрабатывать решения расчитанные на очень большие нагрузки. Это не единичный пример использования облачных технологий в e-learning. В статье Abderrahim El Mhouti и других проводится обзор существующих решений e-learning на основе облачных технологий [3].

Стоит отдельно отметить роль государства в развитии e-learning в стране. Так, например, в Китае в рамках кампании «School's Out, But Class's On» правительство внесло корректировки на законодательном уровне для реализации масштабного проекта по предоставлению e-learning формата обучения для всей страны. Среди наиболее интересных изменений в законах то, что теперь процесс обучения не является ориентированным на преподавателя (teacher-centric), а переходит на ориентир на студента (student-centric) и преподаватель выступает в роли наставника и ментора. Подобный подход использовали новаторы из Индии, которые разработали SMART mobile Android-приложение [4]. Основная идея этого приложения состоит в том, что для реализации m-learning процесса обучения нужно от teacher-centric подхода перейти к student-centric. Эти изменения предоставят возможность персонализировать процесс обучения, построить индивидуальную траекторию обучения и проводить адаптивное тестирование др. положительные стороны внедрения SMART технологий в учебный процесс.

Наиболее продвинутыми видами e-learning систем являются – adaptive e-learning. Основная идея которой заключается в персонализации траектории обучения под каждого обучающегося. Для того, чтобы система была адаптивной, могут быть применены различные подходы. Hsiao-Chien Tseng и др. в своей работе использовали теорию концептуальных карт (concept maps), разработанный Novak and Musonda в 1991 году [5]. Разработка позволяет из определенного набора учебного материала или курсов по имеющимся данным об обучающемся индивидуально подобрать следующий материал/курс.

Dalal Abdullah и др. в своей работе предлагают модель адаптивной образовательной системы, в котором адаптивным является процесс оценивания, т.е. adaptive e-assessment [6]. Система может быть интегрирована с другими решениями, так как разрабатывается как отдельный модуль. В случае с авторами решение была интегрировано с LMS Moodle. Авторы утверждают, что невозможно создать адаптивную образовательную систему, если в ней не адаптирован процесс оценивания, т.е. обратная связь от студента преподавателю. Мы полностью согласны с этим утверждением и одной из основных компонентов нашей системы является adaptive e-assessment.

Dalal Abdullah и др. в своей образовательной системе как методологическую базу выбрали Computerized Adaptive Test (CAT). Computerized Adaptive Test (CAT) это одно из самых распространенных теорий, которая используется для реализации адаптивных оценочных систем [7]. Мы изучили подход CAT, его преимущества и недостатки для реализации адаптивных систем. Свой выбор сделали в пользу Knowledge Space Theory (KST), которая также является одним из частых выборов авторов, разрабатывающих адаптивные системы [8]. В основной части будет сравнение двух

подходов, а также информация о будущей образовательной системе. Далее будет представлена концептуальная модель образовательной системы, которая базируются на теории KST.

Описание адаптивной образовательной онлайн системы. Перед тем как перейти к сравнению CAT и KST остановимся подробнее на описании будущей адаптивной образовательной онлайн системе, ее преимуществах и основных компонентах. При построении системы мы будем руководствоваться следующими требованиями:

- Простота реализации;
- Масштабируемость;
- Гибкость.

Простота реализации необходима для наиболее быстрого построения прототипа и проведения экперимента. При наличии данных эксперимента можно будет наиболее точно выявить элементы требующие улучшения и развивать систему. Также простота реализации позволит создать легко масштабируемую систему с наименьшим объемом вычислительных ресурсов. Таким образом, большее количество обучающихся получат возможность работать с системой при тех же вычислительных мощнастях. Гибкость будет реализована за счет модульности системы, т.е. при наличии основных модулей система уже будет работать. Далее будет возможность добавлять дополнительный функционал или заменять активные модули следующими доработанными версиями без необходимости внесения архитектурных изменений.

В последние годы в Республике Казахстан для научных исследований докторантов PhD, помимо актуальности и научной новизны, также добавляетя требование по возможности коммерциализациий, поэтому авторами были выбраны вышеуказанные требования по простоте реализации, масштабируемости и гибкости.

Сердце системы механизма адаптивного тестирования, который состоит из 2-х компонентов: «дерево знаний» и база вопросов. «Дерево знаний» можно представить в виде ориентированного графа. Тогда как база вопросов – это набор элементов, которые не связаны между собой, но связаны с узлами графа. Узел графа в этом случае некая «единица знаний». Она может быть проверена на предмет освоения обучающимся через ответы на вопросы, которые с этим узлом связаны (рис. 1). Кругом отмечены «единицы знаний» связанные между собой и треугольником отмечены вопросы.

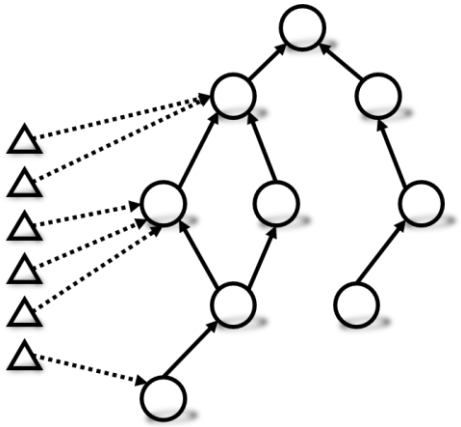


Рис. 1. Пример «дерева знаний» со связанными вопросами

Адаптивным оцениванием в нашем случае понимается следующее: с использованием «дерева знаний» задать обучающемуся минимальное количество вопросов для охвата большей части или всех «единиц знаний». Мы можем минимизировать количество вопросов, так как знаем связи между «единицами знаний». Таким образом, задавая вопрос более сложной темы при корректном ее решении обучающимся мы можем утверждать, что предыдущие темы также усвоены. Другими словами, система из каждого ответа на вопрос делает выводы относительно освоения сразу по нескольким связанным темам (рис. 2). Обучающийся корректно ответил на один вопрос и система отметила у это себя (зеленый треугольник) и отметила, что связанная тема тоже освоена (зеленый круг). Помимо этого, система отметила еще 4 «единицы знаний» условно освоенными, так как для успешного освоения основной «единицы знаний», нужно обязательно освоить предыдущие, непосредсвенно связанные с ним.

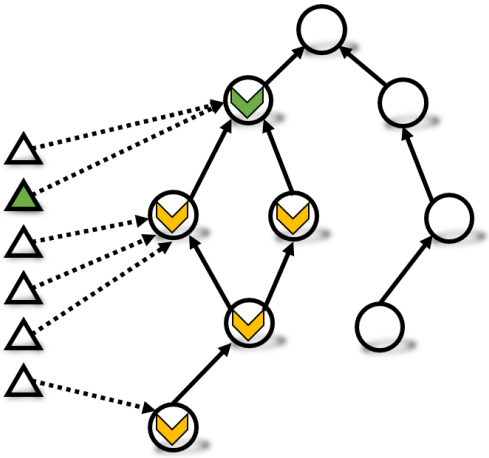


Рис. 2. Один ответ обучающегося и выводы системы по освоенным «единицам знаний» обучающегося

В результате, организации знаний в виде «дерева знаний» можно значительно уменьшить количество вопросов для обучающегося, а также увеличить точность и визуализировать состояние «дерева знаний» у каждого обучающегося для преподавателя. Так как все действия происходят в системе, то подразумевается, что с таким подходом к оцениванию преподаватель всю свою деятельность по сбору обратной связи от студентов сможет перенести в онлайн.

Сравнение Computerized Adaptive Testing (CAT) и Knowledge Space Theory (KST). Для реализации адаптивного тестирования нам необходимо было изучить 2 наиболее развитых подхода: Computerized Adaptive Testing (CAT) и Knowledge Space Theory (KST). К преимуществам CAT можно отнести широкое распространение данного подхода в образовательных адаптивных системах и возможность точно определить вероятность успешного ответа на каждый отдельный вопрос и для каждого отдельно взятого студента. К сожалению, у этого подхода есть ряд недостатков, которые сыграли решающую роль при выборе базы для концептуальной модели образовательной системы. К ним относятся:

- необходимость проведения предварительного тестирования вопросов для подсчета всех необходимых коэффициентов (без коэффициентов расчет вероятности будет некорректным),
- для корректной работы алгоритма CAT нужно определенное количество вопросов в тестовой базе (недостаточное количество вопросов будет приводить к тому, что студенты будут получать одни и те же вопросы и тест нельзя будет назвать адаптивным) [7],
- расчет вероятности успешного ответа, тестируемого на вопрос, является относительно ресурсоемким вычислительным процессом (что потребует больший объем вычислительных мощностей при масштабировании),
- расчет вероятности успешного ответа, тестируемого на вопрос, является относительно сложным (что противоречит нашей изначальной установке о простоте реализации);
- выходным результатом адаптивного тестирования по CAT является оценка;
- CAT не может определить вопросы по какой теме задаются тестируемому, а также не в состоянии определить какие темы проверяемый знает и какие не знает.

Все вышеперечисленное приводит к тому, что при таком подходе не соблюдаются изначальные требования авторов к системе, а также полученные данные не предоставляют возможности понять какие части/темы курса/предмета обучающийся освоил/владеет и какие нет. Поэтому авторы остановились на втором подходе – KST [9]. К недостаткам можно отнести: новая теория появившаяся только в начале XXI века и относительная сложность необходимых вычислений для построения так называемого «дерева знаний» (Knowledge Structure tree). Несмотря на недостатки, которые в нашем случае не являются критическими, мы увидели в данном подходе больше положительных сторон:

- теория KST не накладывает ограничения в виде предварительного тестирования (что позволяет сэкономить большие трудозатраты на проведение данного мероприятия) и может работать на основе инициализированных экспертом параметров, которые далее модель во время работы будет автоматически модифицировать и уточнять;

- самые трудозатратные и ресурсозатратные процессы нужны для построения «дерева знаний» (Knowledge Structure tree), но в нашей модели будет применен авторский, менее трудозатратный и ресурсозатратный подход, по сравнению авторами теории KST;

- выходным результатом является дерево «единиц знаний» (Knowledge Unit) индивидуально для каждого обучающегося, которые отражают освоение текущего курса/предмета (и этих данных более чем достаточно для выставления оценки);

- при масштабировании система получит еще больше данных для улучшения дерева знаний, а сам процесс тестирования не требует больших объемов вычислительных ресурсов.

Таким образом, для вышеописанной образовательной системы наиболее подходящим является использование теории KST с некоторыми авторскими модификациями. Далее будет детально рассмотрена концептуальная модель адаптивной образовательной онлайн системы.

Концептуальная модель адаптивной образовательной онлайн системы. Основная цель системы: точное определение уровня знаний по определенному предмету индивидуально для каждого обучающегося путем минимального количества тестовых вопросов.

Рассмотрим основные компоненты этой системы. Центральным компонентом является «дерево знаний» на подобии Knowledge Structure tree [9]. Абстрактно можем его представить в виде ориентированного графа/дерева без циклов. Вершинами этого графа будут «единицы знаний» по аналогии с Knowledge Unit, которая является одним атомарным понятием в рамках предмета/курса, которое может быть проверено одним вопросом. Ребрами в этом графе являются взаимосвязи между «единицами знаний». На рис. 3 можно увидеть, что обучающийся, который освоил понятия A и B готов к изучению материала C. Обратное тоже верно. Если система получила подтверждение, что обучающийся освоил/знает материал C, то можем условно принять, что материалы A и B также освоены.

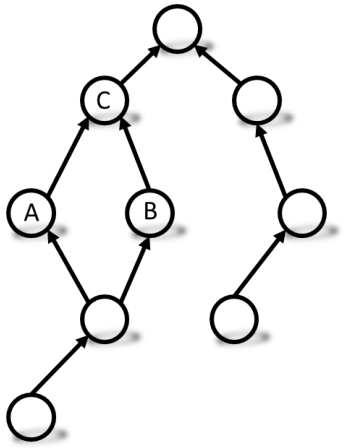


Рис. 3. Пример «дерева знаний»

Следующим по важности компонентом является база вопросов. Каждый вопрос может быть связан с несколькими вершинами «дерева знаний». Это говорит о том, что этот вопрос может быть использован для проверки знаний обучающегося по связанным с ним темам/понятиям. Также верно и обратное, одна вершина («единица знаний») может быть связана с несколькими вопросами. Чем больше вопросов будет у одной вершины, тем меньше шанс, что обучающиеся выучат правильные ответы или смогут списать друг у друга, так как вопросы одинаковые.

Следующие 2 компоненты: обучающийся и преподаватель. Обучающийся является источником данных, т.е. истории ответов на вопросы. Эти данные будут использоваться для расчета различных параметров вопроса:

1) валидация/корректность вопроса,
2) сложность,
3) необходимое количество времени для ответа.

Используя вышеуказанные параметры, система сможет:

1) выявлять и исключать некорректные вопросы,
2) определять факт угадывания студентом,
3) проверять освоение «единицы знаний» обучающимся.

Также стоит отметить, что обучающиеся смогут показывать уровень владения темой через пополнение базы вопросов, т.е. создания своих вопросов. Созданные студентами вопросы уже будут привязаны к «единице знаний». Системе далее достаточно получить подтверждение от преподавателя, что вопрос, варианты ответа и правильный ответ, указанный студентом корректные и относится к привязанной теме. При положительном исходе система помечает, что студент освоил тему, так как только студент, который полностью освоил этот материал, сможет придумать вопрос по этой теме. Далее вопрос проходит валидацию через добавление к тестам обучающихся по соответствующей теме. Важно отметить, что ответы данные студентами на не валидированные вопросы не учитываются, а задаются лишь для сбора необходимых данных для дальнейшего подсчета параметров конкретного вопроса. После сбора необходимого количества данных система автоматически валидирует вопрос. Если вопрос успешно проходит валидацию, то она добавляется в основную базу тестов и используется для тестирования и оценивания уровня знаний обучающихся.

С компонентом «обучающийся» тесно связан компонент «преподаватель». Преподаватель является источником информации для построения «дерева знаний». Это происходит достаточно просто для пользователя системы. Задается вопрос: «Является ли тема X следующей для изучения после темы Y». Ответ на подобные вопросы не требуют от преподавателя много времени и не предоставляют сложность. Система автоматически собирая ответы на эти вопросы перестраивает «дерево знаний» постепенно улучшая его. Следует особо отметить, что для начала работы системы достаточно наличия даже самой прямолинейной связи между темами, например, как в книгах - последовательно (рис. 4).

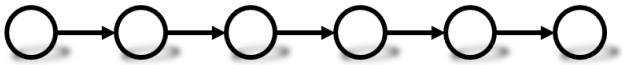


Рис. 4. Пример самого простого, последовательного вида «дерева знаний»

Другой функцией преподавателя в системе, также как и у обучающихся, является возможность создания собственных вопросов. Но, в отличие от обучающихся, у преподавателя есть возможность выбрать «единицу знаний», для которой планируется создать вопрос.

Таким образом можно графически проиллюстрировать все основные компоненты системы следующим образом (рис. 5):

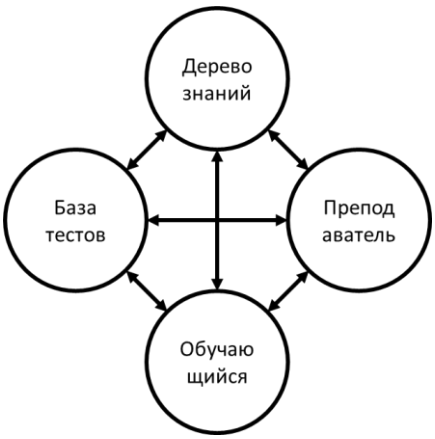


Рис. 5. Концептуальная модель адаптивной образовательной онлайн системы

Очевидно по перечисленным выше характеристикам системы то, что система может полноценно работать изначально. Но также и очевидно то, что система будет дальше развиваться и улучшаться только при активной работе в системе обучающихся и преподавателей. Возникает вопрос почему студенты и преподаватели будут использовать и активно развивать систему. Ответ на этот вопрос находится в преимуществах системы для конечных пользователей. Основными преимуществами для обучающегося являются:

- в режиме онлайн можно понять освоение/знание необходимой темы до следующего занятия. Это очень важно, так как у обучающегося будет возможность доучить/перечитать материал и прийти готовым на следующее занятие. В этом случае обучающийся с большей долей вероятности освоит и следующий материал. Но самым главным является то, что обучающийся не окажется в ситуации, когда

видит оценку/уровень освоения предыдущего материала за несколько минут перед следующим занятием. Так происходит в традиционной системе образования, когда преподаватель раздает тетради с оценками за домашнее задание перед началом изучения следующего материала. У обучающихся при таком подходе просто нет возможности доучить/перечитать предыдущий материал для того, чтобы быть готовым к освоению следующей темы.

- возможность выбора: можно решить задачу или создать свою. Это будет развивать креативность среди обучающихся, а также мотивировать их, так как создание нового вопроса вызывает больший вызов нежели решение задачи.

Самым основным преимуществом использования системы для преподавателя является то, что не нужно вручную проверять домашние задания из тетрадей обучающихся. Система автоматический проверит всех обучающихся и отправит детальный отчет по освоению материала. Также система сможет отправить дополнительную информацию персонально по каждому обучающемуся по списку тем, которые с большей долей вероятности не были освоены или забыты. Это позволит преподавателю время освободившееся за счет автоматической проверки домашних заданий обучающихся посвятить улучшению учебного материала и работе с отстающими обучающимися.

Мы рассмотрели основные компоненты и концептуальную модель адаптивной образовательной онлайн системы. Мы наблюдаем, что не все моменты были охвачены или учтены. Также предстоит дальнейшее исследование темы, которое будет описано подробнее далее.

Заключение и обсуждение. В текущей ознакомительной статье опустили некоторые кейсы, ответы на которые планируем опубликовать в следующих работах. Ниже перечислены наиболее значимые из них:

- так как основным инструментом обратной связи является тестирование с вариантами ответов, то есть вероятность угадывания правильного ответа студентом. Мы предложим авторский алгоритм по выявлению угаданных ответов студентов;

- есть общее заблуждение, что тестирование проверяет только фактографические знания. В теории тестирования можно выделить порядка 10 видов тестов, помимо фактографических;

- алгоритмы и формулы используемые системой;

- архитектура информационной системы.

После получения модели адаптивной образовательной онлайн системы и завершения разработки прототипа, авторы планируют провести эксперимент на начальных-средних классах школы по предмету математика. Эксперимент будет заключатся в сравнении прироста в полученных знаниях 2 групп учащихся: с и без использования онлайн системы как дополнительный инструмент в процессе обучения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Martin Ebner, Sandra Schön, Clarissa Braun, Markus Ebner, Ypatios Grigoriadis, Maria Haas, Philipp Leitner and Behnam Taraghi. *COVID-19 Epidemic as E-Learning Boost? Chronological Development and Effects at an Austrian University against the Background of the Concept of "E-Learning Readiness"* // Future Internet. – 2020. – 12. – 94. – 1-20.

[2] Longjun Zhou, Fangmei Li, Shanshan Wu, Ming Zhou. *"School's Out, But Class's On", The Largest Online Education in the World Today: Taking China's Practical Exploration During The COVID-19 Epidemic Prevention and Control as An Example* // Best Evid Chin Edu. – 2020. – 4(2). – 501-519.

[3] Abderrahim El Mhouti, Mohamed Erradi, Azeddine Nasseh. *Using cloud computing services in e-learning process: Benefits and challenges* // Educ Inf Technol. – 2018. – 23. – 893-909.

[4] Wasim Haidar, Wilfred Blessing, Prashant Johri, Surendra Pal Singh, Sutherlin Subitha. *MEEapp: An Effectual Application for Mobile based Student Centered Learning System* // 4th International Conference on Computing Communication and Automation (ICCCA). – Greater Noida, India, 2018.

[5] Hsiao-Chien Tseng, Chieh-Feng Chiang, Jun-Ming Su, Jui-Long Hung and Brett E. Shelton. *Building an Online Adaptive Learning and Recommendation Platform* // SETE 2016: Emerging Technologies for Education. – 2017. – 428-432.

[6] Dalal Abdullah Aljohany, Reda Mohamed Salama, Mostafa Saleh. *ASSA: Adaptive E-Learning Smart Students Assessment Model* // International Journal of Advanced Computer Science and Applications. – 2018. – 9(7). – 128-136.

[7] Mark Reckase, Unhee Ju, and Sewon Kim. *How Adaptive Is an Adaptive Test:*

Are All Adaptive Tests Adaptive? // Journal of Computerized Adaptive Testing. – 2019. – 7(1). – 1-14.

[8] Ying Fang, Zhihong Ren, Xiangen Hu and Arthur C. Graesser. *A meta-analysis of the effectiveness of ALEKS on learning* // Educational psychology. – 2019. – 39. – 1278-1292.

[9] Jean-Claude Falmagne, Jean-Paul Doignon, Mathieu Koppen, Michael Villano, Leila Johannesen. *Introduction to Knowledge Spaces: How to Build,*

Test, and Search Them // Psychological Review. – 1990. – 97(2). – 201-224.

Мауленов Е.С., Guruler H., Сербин В.В., Маматова Г.У. Бекаулова Ж.М.

Smart технологияларға негізделген бейімделгіш онлайн білім беру жүйесінің концептуалдық моделі

Түйіндеме. Ағымдағы жұмыстың мақсаты - оқырманды SMART технологияларға негізделген болашақ бейімделгіш онлайн білім беру жүйесінің тұжырымдамалық үлгісімен таныстыру. Жүйені екі мүмкін жолмен пайдалануға болады. Біріншісі, автоматтандыруға болатын қайталанатын элементтерді оңтайландыру арқылы дәстүрлі оқу процесін өзгертудің қосымша құралы ретінде. Екіншіден, оқытудың жаңа әдістерін, мысалы, электрондық оқыту, мобильді оқыту, аралас оқыту және басқаларын енгізу арқылы модернизациялау. Жүйені еңгізу нәтижесінде мұғалімге бағытталған бағытталған оқу процессі оқушыға ауыстырылады. Осыған қарамастан, мұғалімнің рөлі азаймайды, керісінше SMART технологияларды қолдана отырып, мұғалім өзінің әлеуетін дамыта алатыны ерекше атап өтіледі. Бұл өз кезегінде студенттердің осы білім беру жүйесінде алған білім сапасына оң әсер етеді.

Түйін сөздер: электронды оқыту, онлайн бағалау, бейімделгіш оқыту, бейімделгіш бағалау, бейімделгіш тестілеу, білім ағашы, смарт технологиялар, мобильді оқыту, граф теориясы

ОӘЖ 519.816

U.T. Makhazhanova, A.A. Mukhanova, G.B. Abdikerimova
(L.N. Gumilyov Eurasian National University, Kazakhstan, Nur-Sultan
E-mail: umt87@mail.ru)

FORMATION A SET OF INDICATORS FOR ASSESSING THE CREDITWORTHINESS OF A SMALL BUSINESS ON THE BASIS OF ZADEH FUZZY LOGIC

Abstract. Using the mathematical tools of the fuzzy sets theory, a fuzzy production system of quantitative and qualitative indicators and a mathematical model to perform a comprehensive analysis of financial and economic condition and creditworthiness of a small business. The financial and general economic indicators affecting creditworthiness are described.

Key words: SME lending, credit assessment, fuzzy logic, linguistic variable, membership functions, financial and general economic indicators.

У.Т. Махажанова, А.А. Муханова, Г.Б. Абдикеримова
(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті,
Қазақстан, Нұр-Сұлтан, E-mail: umt87@mail.ru)

ШАҒЫН (ОРТА) БИЗНЕСТІ КӘСІПОРЫННЫҢ НЕСИЕЛІК ҚАБІЛЕТІН БАҒАЛАУ ҮШІН КӨРСЕТКІШТЕР ЖИЫНЫН ЗАДЕ БҰЛДЫР ЛОГИКАСЫ НЕГІЗІНДЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ

Аңдатпа. Бұл жұмыста бұлдыр жиындар теориясы математикалық құралдарын қолдана отырып сандық және сапалық көрсеткіштердің анық емес өндірістік жүйесі ұсынылды және шағын кәсіпкерліктің қаржылық-экономикалық жағдайы мен несиеге қабілеттілік деңгейіне жан-жақты талдау жүргізудің математикалық моделі ұсынды. Несие қабілеттілігіне әсер ететін қаржылық және жалпы экономикалық көрсеткіштер сипатталды.

Кілттік сөздер: шағын және орта бизнес, несиеге қабілеттілікті бағалау, бұлдыр логика, лингвистикалық айнымалы, тиістілік функциясы, қаржылық және жалпы экономикалық көрсеткіштер.

Бұл жұмыста біз шағын кәсіпкерліктің жағдайын неғұрлым толық және дәл бағалауға мүмкіндік беретін кеңейтілген көрсеткіштер жиынтығын қалыптастырамыз. Бұл жиынтық кәсіпкерліктің несие қабілеттілігін бағалаудағы жалғыз шынайы болу құқығын талап етпейді, бірақ бұл клиентке несие беру туралы шешім қабылдау үшін бұлдыр жиынды математикалық тәсілдің қолданылуын дәлелдеу тұрғысынан салмақты болып табылады. Көрсеткіштерді таңдау кезіндегі басты талап - бұл несие алушының жағдайын дәл және толық сипаттай білу.

Бұл мәселені шешу үшін Л.Заденің бұлдыр логикасына негізделген шағын кәсіпорындардың несиеге қабілеттілігін бағалаудың балама әдістері қолданылады. Өздеріңіз білетіндей, Л.Заде сипаттамалық тиесілі функция элементті әдеттегідей 0 немесе 1 мәндерін ғана емес, нақты сандардың [0, 1] аралығындағы мәндерді қабылдай алады деп есептеп, жиынтықтың классикалық Кантор тұжырымдамасын алмастырды. Сонымен қатар, ол лингвистикалық айнымалы түсінігін енгізді және оның мәндері бұлдыр жиындар болуы мүмкін екенін көрсетті. Л.Заде интеллектуалдық қызметтің процестерін сипаттау үшін, математикалық өрнектерді, айқын емес және белгісіздік түсініктерін қамтитын математикалық аппарат жасады деп айтуға болады [1,2].

Несие алушының несие беру шешімдерін қабылдау кезінде бағалауға жататын сандық және сапалық көрсеткіштердің белгілі бір $X = \{K_i : i = \overline{1, N}\}$ жиынтығы бар болсын делік. Мұнда X - несие алушы бастапқы көрсеткіштер жиыны, K_i - несиеге қабілеттілікке әсер ететін көрсеткіш, N - қарастырылатын бастапқы көрсеткіштер саны - 22 тең [3]. Шағын немесе орта кәсіпорынның несиеге қабілеттілігін бағалау көрсеткіштер жиынын лингвистикалық айнымалылар түрінде қалыптастырамыз. Бастапқы көрсеткіштер [0,1] аралығында көрсетеміз[4,5].

К₁ - Саланың даму динамикасы - белгілі бір кезеңдегі орташа табыстың өсуі салалық және / немесе (облыстық, провинциялық) департаменттер мен қызметтердің деректері негізінде талданады.

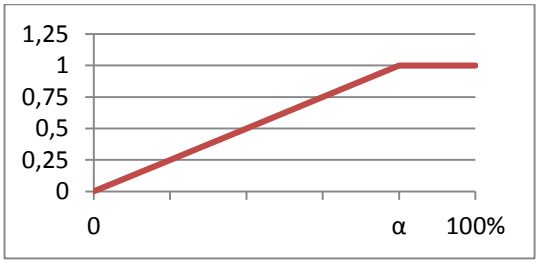
Төмендегі, $i-$ ағымдағы жыл**,** $N-$ талданатын кезеңнің ұзақтығы**,** бұл салада $j-$ жыл ішінде алған p_j – пайданы көрсетейік.

$$K_1 = K_1(i) = \frac{\sum_{j=i-N+1}^{i} g(j)}{N},$$

мұнда $$g(i) = \frac{p_j - p_{j-1}}{p_{j-1}} * 100\%.$$

болжаймыз $$\mu_1 = \begin{cases} \frac{x}{2}, & егер \quad x \le \alpha, \\ 1, & егер \quad x \ge \alpha. \end{cases}$$

Егер пайданың орташа өсімі $\ge \alpha.$, онда біз оны оң деп санаймыз. α мәнін сарапшы анықтайды (1-сурет).



1-сурет. Саланың даму динамикасы

К₂ – Саланың даму болашағы. Коэффициент K_2 жоғарыдай есептеледі, тек болжамды деректер келесі М- жылға алынады:

$$K_2 = K_2(i) = \frac{\sum_{j=i+1}^{j=i+M} h(j)}{M},$$

мұндағы $$h(j) = \frac{v_j - v_{j-1}}{v_{j-1}} * 100\%,$$

$v_j -$ болжамды пайда, $j-$ жылдағы.

Сол сияқты болжаймыз

$$\mu_2 = \begin{cases} \frac{x}{\beta}, & егер \quad x \le \beta, \\ 1, & егер \quad x \ge \beta. \end{cases}$$

Егер пайданың орташа болжамды өсімі $\ge \beta$ болса, онда оны оң деп санаймыз, және функцияның тиістілік графигі 1-суреттегідей болады. Жалпы жағдайда $\alpha \ne \beta.$

К₃– Мұндай өнімдерге (жұмысқа, қызметке) нарықтық (саланың) қажеттілік. Өнімнің ассортименті, сұранысы және саладағы ұсынысы бағалау көмегімен талданады: ассортимент бойынша жоспардың орындалуы; саладағы орташа сатылатын бағалардың деңгейі; өнімнің орташа бағасына әсер ету көрсеткіштері.

Мыналарды ескеруге болады: жаңа өнімнің жалпы шығарылымдағы үлесі; сертификатталған өнімнің жалпы шығарылымдағы үлесі; өнімнің жалпы көлемінде халықаралық стандарттарға сәйкес келетін өнімнің үлесі.

$К_4$– Аймақтық экономиканың даму динамикасы.

$К_5$– Аймақтық экономиканың даму болашағы.

$К_6$– Өнімнің (жұмыстың, қызметтердің) осы түріне нарықтық (аймақ) сұраныс.

Екінші топтың K_4, K_5,K_6 көрсеткіштері K_1, K_2, K_3 коэффициенттерімен бірдей бағаланады, бірақ аймақтық деңгейде, сонымен қатар бүкіл сала емес, аймақтық департаменттердің, аймақтық статистикалық қызметтердің және Қазақстан Банкінің деректері негізінде.

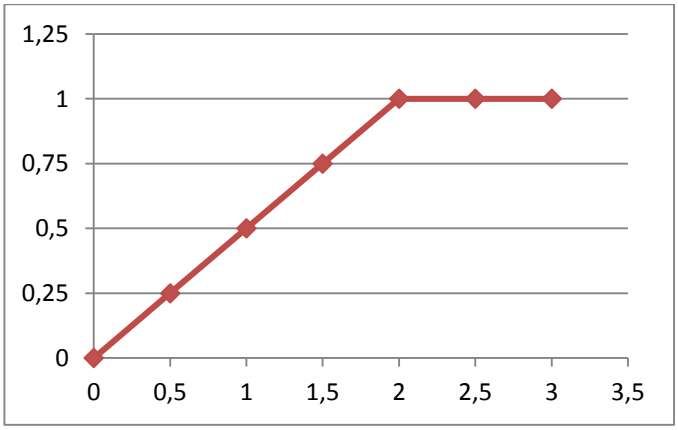
$К_7$– Ағымдағы төлем қабілеттілігі немесе өтімділік коэффициенті:

$$K_7 = \frac{ОбА}{КО},$$

$$\mu_7(x) = \begin{cases} 1, & егер \quad x \geq 2, \\ \dfrac{x}{2}, & егер \quad x < 2. \end{cases}$$

$ОбА$ – айналымдағы активтер мәні; $КО$ – қысқы мерзімді міндеттемелер, ұсынылатын мән ≥ 2.

Ағымдағы өтімділік коэффициенті кәсіпорынның қысқа мерзімді міндеттемелерінің барлық айналымдағы активтерімен қамтамасыз етілуін сипаттайды. Бұл коэффициент актив өтімділігінің жалпы бағасын, яғни ағымдағы міндеттемелердің бір теңгесі үшін қанша теңге ағымдағы активтер есептелетінін көрсетеді. Бұл көрсеткішті есептеу логикасы кәсіпорын қысқа мерзімді міндеттемелерді негізінен ағымдағы активтер есебінен өтейтіндігінде; сондықтан, егер ағымдағы активтер ағымдағы міндеттемелерден асып кетсе, онда кәсіпорын сәтті жұмыс істейді деп



2-сурет. Ағымдағы төлем қабілеттілігі немесе өтімділік коэффициенті

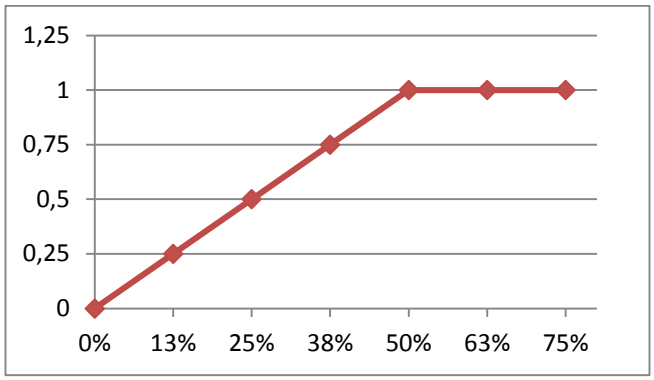
санауға болады (кем дегенде теориялық тұрғыдан). Көрсеткіш мәні сала мен қызмет түріне қарай өзгеруі мүмкін, және оның динамикада ақылға қонымды өсуі, әдетте қолайлы үрдіс ретінде қарастырылады (2-сурет).

$К_8$– Қаржылық тәуелсіздік коэффициенті:

$$K_8 = \frac{СК}{Б} * 100\%,$$

$$\mu_8(x) = \begin{cases} 1, & егер \quad x \geq 50\%, \\ \dfrac{x}{50\%}, & егер \quad x < 50\%. \end{cases}$$

$Б$ – баланс жиынтығы; $СК$ – меншікті капитал, ұсынылатын мән $\geq 50\%$.



3-сурет. Қаржылық тәуелсіздік коэффициенті

Бұл коэффициент кәсіпорын капиталындағы меншікті қаражат көздерінің үлесін көрсетеді (3-сурет).

$К_9$– Қорлардың меншікті айналым капиталына қатынасы:

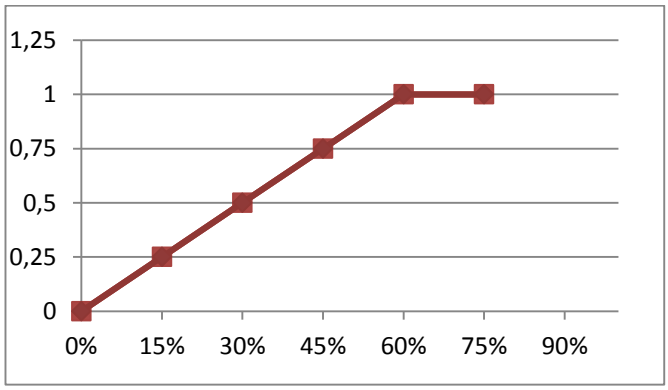
$$K_9 = \frac{СОК}{З} * 100\%,$$

$$\mu_9(x) = \begin{cases} 1, & егер \quad x \geq \beta, \\ \dfrac{x}{\beta}, & егер \quad x < \beta. \end{cases}$$

$\beta \approx 60 - 80\%$ сарапшы анықтайды.

$СОК$ – меншікті айналым капиталы. Бұл көрсеткіш қаржылық жағдайды сипаттайды, меншікті қаржыландыру көздері мен міндеттемелерді реттеу қабілеттілігін бағалайды. Оның теріс мәні кәсіпорынның айналымында меншікті капиталдың жоқтығын және ұзақ мерзімді активтердің бір бөлігін қарыз қаражаттарынан қаржыландыруды көрсетеді.

$З$- кәсіпорын қоры.



4-сурет. Қорлардың меншікті айналым капиталына қатынасы

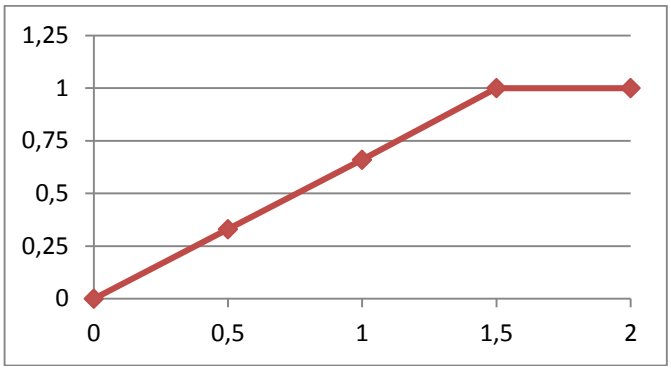
Коэффициент қорлардың қандай дәрежеде меншікті қаражат есебінен құрылатындығын көрсетеді (4-сурет).

$К_{10}$– Қарыздарды жабу коэффициенті:

$$K_{10} = \frac{ЧОД}{ООД},$$

$$\mu_{10}(x) = \begin{cases} 1, & егер \quad 1{,}5 \leq x \leq 2, \\ \dfrac{x}{2}, & егер \quad x < 1{,}5. \end{cases}$$

$ЧОД$ – таза операциялық кіріс, $ООД$ – жалпы қарызға қызмет көрсету.



5-сурет. Қарыздарды жабу коэффициенті

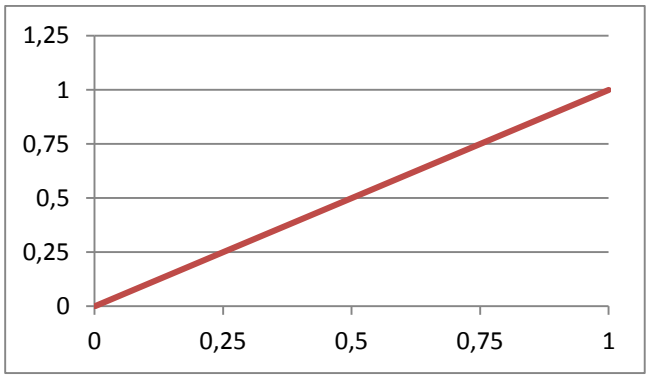
Қарыздарды жабу коэффициенті (5-сурет) - бұл инновациялық жобаны жүзеге асыратын компанияның төлем кезеңінде (айына бір рет, тоқсанына бір рет және т.б.) таза ақша ағынының қатынасы (пайыздар төленгенге дейінгі таза пайда ± амортизацияны төлеу кезінде таза айналым капиталы қажеттілігінің өзгеруі), болжамға сәйкес кәсіпорынның барлық несиелік келісімдері бойынша белгілі бір мерзімге негізгі борышты және қарызға қызмет көрсетудің жоспарланған сомасына пайыздарды өтеу үшін пайдалануға болады [5].

$К_{11}$– Дебиторлық берешектің айналымдық коэффициенті:

$$K_{11} = \frac{B}{\overline{ДЗ}},$$

$$\mu_{11}(x) = \begin{cases} x, & если \quad 0 \le ДЗ \le 1, \\ 0, & если \quad ДЗ > 1. \end{cases}$$

$\overline{ДЗ}$ – дебиторлық берешектің орташа суммасы, арифметикалық орташа формуласы бойынша есептелінеді; B – табыс.



6-сурет. Дебиторлық берешектің айналымдық коэффициенті

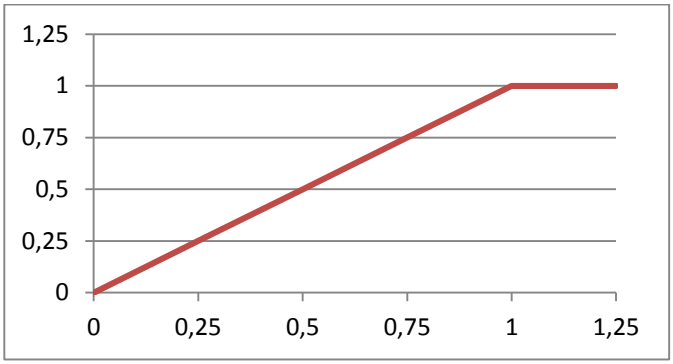
Бұл коэффициент белгілі бір кезеңдегі дебиторлық берешекпен жасалған айналымдардың санын көрсетеді. Ағымдағы активтердегі дебиторлық берешектің үлесі ұйымның ағымдағы активтеріндегі дебиторлық берешектің үлесін көрсетеді. Бұл көрсеткіштің мәнінің артуы, әдетте, жағымсыз құбылыс ретінде қарастырылады. Алайда, көрсеткіштің тым төмен мәні сатудың төмендеуіне әкелетін өте қатаң несие саясатының белгісі болуы мүмкін (6-сурет).

$К_{12}$–Кредиторлық берешек айналымы коэффициенті:

$$K_{12} = \frac{B}{\overline{КЗ}},$$

$$\mu_{12}(x) = \begin{cases} x, & егер \quad x \le 1, \\ 1, & егер \quad x \ge 1. \end{cases}$$

$\overline{КЗ}$ – кредиторлық берешектің орташа суммасы, арифметикалық орташа формула бойынша есептелеген.



7-сурет. Кредиторлық берешек айналымы коэффициенті

Бұл коэффициент белгілі бір кезеңде кредиторлық берешек арқылы жасалған айналымдардың санын көрсетеді. Қысқа мерзімді міндеттемелердегі кредиторлық берешектің үлесі, ағымдағы міндеттемелердегі кредиторлық берешектің үлес салмағын көрсетеді. Оның өсуі, әдетте, кәсіпорынның қаржылық тұрақтылығының белгілі бір дәрежеде төмендеуін көрсетеді (7-сурет).

$К_{13}$–Қорлардың айналым коэффициенті

Бұл коэффициент есептелетін кезең ішінде кәсіпорын қорлардың орташа алынған қалдықтарын қанша рет пайдаланғанын көрсетеді. Бұл көрсеткіш қорлардың сапасы мен оларды басқарудың тиімділігін сипаттайды, пайдаланылмаған, ескірген немесе сапасыз қорлардың қалдықтарын анықтауға мүмкіндік береді. Көрсеткіштің маңыздылығы табыс қордың әрбір «айналымы» кезінде пайда болатындығына байланысты (яғни өндірісте пайдалану, операциялық циклде). Бұл жағдайда қорлар деп тауарлық-материалдық қорлар (дайын өнімнің қорлары) және өндірістік қорлар (шикізат қорлары) түсінілетіндігін ескеріңіз.

Қор айналымы қорлардың орташа жылдық балансына сату құнының қатынасы ретінде есептеледі:

$$K_{13} = \frac{СП}{СОЗ},$$

$$\mu_{13}(x) = \begin{cases} 1, & если \quad x \geq \alpha, \\ \dfrac{x}{\alpha}, & если \quad x < \alpha. \end{cases}$$

$СП$ – сату құны, $СОЗ$ – қорлардың орташа жылдық балансы. Функцияның тиістілік графигі 1-суреттегідей болады.

Айналым коэффициентімен қатар күндердегі айналым коэффициенті жиі есептеледі (сауда). Бұл жағдайда, бұл кәсіпорында қанша жұмыс күніне жеткілікті резервтер бар екенін білдіреді.

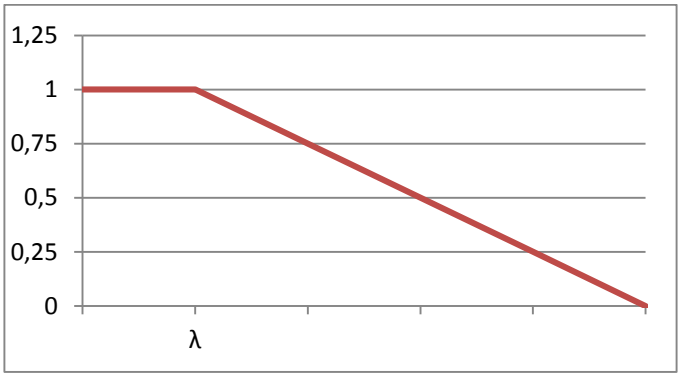
$$K_{13} = \frac{СОЗ}{СП} * 365.$$

Айналым көрсеткіші бойынша жалпы қабылданған стандарттар жоқ, оларды белгілі бір кәсіпорынның динамикасында немесе белгілі бір сала аясында талдау керек. Тауарлы-материалдық қорлардың айналымы коэффициентінің төмендеуі артық резервтердің жинақталуын, қоймаларды тиімсіз басқаруды және пайдаланылмайтын материалдардың жинақталуын көрсетуі мүмкін. Бірақ айналымның жоғары болуы әрдайым жағымды көрсеткіш бола бермейді, өйткені ол өндіріс процесінің үзілуіне әкелуі мүмкін қорлардың сарқылуын көрсетеді [6].

$К_{14}$– Меншікті және қарыз қаражаттарының қатынасы коэффициент:

$$K_{14} = \frac{ЗК}{СК},$$

$$\mu_{14}(x) = \begin{cases} 1, & егер \quad x \leq \lambda, \\ 1-\lambda & егер \quad x \geq \lambda. \end{cases}$$



8-сурет. Меншікті және қарыз қаражаттарының қатынасы коэффициент

Коэффициент меншікті теңгеге неше теңге қарыз қаражаттары есептелетінін көрсетеді. Ұсынылған мән $\leq 1,$, мысалы қарыздық коэффициент кәсіпорынның капиталында неше қарыз қаражатының бар екенін көрсетеді (8-сурет).

К15– Өнімнің (сатудың) кірістілік коэффициенті

$$K_{15} = \frac{ПР}{B} * 100\%,$$

$$\mu_{15}(x) = \begin{cases} 1, & если \quad x \geq \delta, \\ \dfrac{x}{\delta} & если \quad x \leq \delta. \end{cases}$$

Мұнда $ПР-$ сатудан түсетін пайда, және $B-$ табыс. Функцияның тиістілік графигі 1-суреттегідей болады

Сатылымның қайтарымы өнімді (тауарларды, жұмыстарды, қызметтерді) өндіру мен өткізудің экономикалық тиімділігін ғана емес, сонымен қатар бағаны сипаттайды және кірістегі сатудан түскен пайданың үлесін көрсетеді.

К16– Қызметкерлердің кәсіби деңгейін бағалау.

Кәсіпорында жұмысшылардың бірнеше түрі қажет деп болжанады. Кадрлармен камту жағдайы төмендегі 1-кесте түрінде ұсынылуы мүмкін:

1-кесте. Жұмысшылардың түрлері

Жұмысшылардың түрлері	1- түрі	2- түрі	…	k- түрі
Бар қызметкерлер саны	n_1	n_2	…	n_k
Кажетті қызметкерлер саны	m_1	m_2	…	m_k

Келесі векторды қарастырамыз $\vec{\delta} =< \delta_1 \ldots \delta_k >,$ мұнда $\delta_i = n_i - m_i, \quad (1 \leq i \leq K).$

Мәнді $K_{16} = E(\overrightarrow{\delta}) \in [0,1]$ сарапшылар қалауы бойынша анықталады.

К17 -Кәсіпорындағы моральдық-психологиялық атмосфераны бағалау. Бұл мәнді де сарапшы бағалайды деп болжауға болады.

К18 - Кәсіпорынның нарықта болуының жеткіліктілігі

Болжаймыз

$$\mu_{18}(x) = \begin{cases} \dfrac{x}{\gamma}, & \text{егер} \quad x \leq \gamma, \\ 1, & \text{егер} \quad x \geq \gamma. \end{cases}$$

Сонымен қатар, сарапшының пікірі бойынша кәсіпорын нарықта болуы керек $\gamma -$ ең төменгі кезең. Функцияның тиістілік графигі 1-суреттегідей болады.

Келесі параметрлерді, әдетте, сарапшы бағалайды. Екінші нұсқа - бұл параметрлер немесе олардың кейбіреулері мүлдем ескерілмеген кезде.

$К_{19}$ - Кәсіпорынның экономикалық саясаты - басқарудың әртүрлі деңгейлерінде, кәсіпорыннан бастап (өндіріс пен тауарлардың бәсекеге қабілеттілігін арттыру) мемлекеттік деңгейге дейін (салық және инвестициялық саясат және т.б.) мақсаттар мен міндеттерге жету үшін әзірленген және бекітілген экономикалық дамудың ұйымдастырушылық және басқарушылық шараларының жиынтығы.

$К_{20}$ - Кәсіпорынның техникалық саясаты - бұл жалпы желі, менеджмент жүйесінің мақсатты ішкі жүйесінің құрамдас бөлігі ретінде өнімнің сапасын жақсарту, ресурстарды үнемдеу, өндірісті ұйымдастырушылық және техникалық дамыту саласындағы кәсіпорын менеджменті жүзеге асыратын стратегиялық шаралар жүйесі.

$К_{21}$ - Кәсіпорынның кадрлық саясаты - адам ресурстарын фирманың стратегиясымен сәйкестендіретін ережелер мен нормалар жүйесі (бұл барлық HR қызметі: таңдау, кадрлар, сертификаттау, оқыту, жылжыту - алдын-ала жоспарланған және ұйымның мақсаттары мен міндеттерін жалпы түсінуге сәйкес).

$К_{22}$ -Қарыз алушының несие тарихы (жоқ) - қарыз алушының несие операциялары шарттарынан туындайтын қарыз алу және міндеттемелерді орындау ережелеріне қаншалықты сәйкес келетіндігі туралы мәліметтер.

Жоғарыда анықталған көрсеткіштер жиынтығы кейіннен шағын (орта) бизнесті кәсіпкерліктің несиелік қабілетін бағалаудағы шешімдерді қолдаудың математикалық моделінің негізін құрайды.

Несие алушы, шағын бизнес болып табылатын заңды тұлға салық салу, есеп және есеп берудің жеңілдетілген жүйесін қолдануы мүмкін. Бұл жағдайда жеңілдетілген салық салу жүйесін қолданатын ұйымдар мен жеке кәсіпкерлердің кірістері мен шығыстарын есепке алу кітабының деректері несие ұйымына кірістер мен шығыстар туралы ақпарат ретінде ұсынылады.

Бұлдыр жиындардың математикалық аппараты сапалы бағамен жұмыс істеуге мүмкіндік беретіндігіне байланысты, олардың жиынтығы әрбір нақты шағын кәсіпорынның несиелік қабілетін бағалау бойынша несие сарапшысының қалауына байланысты өзгеруі мүмкін.

Осыған қарамастан, осы бағалауларды өңдеу процедуралары өзгеріссіз қалады, бұл басқа әдістермен салыстырғанда шағын бизнестің несиелік қабілетін талдау мәселесін шешудегі бұлдыр жиындар тәсілінің тағы бір артықшылығы.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Zadeh L.A. The concept of a linguistic variable and its application to approximate resoning // Information Sciences. – 1975. – Vol. 8. – P. 199–249.

[2] Пивкин В.Я., Бакулин Е.П., Кореньков Д.И. Нечеткие множества в системах управления. – Новосибирск: Изд-во НГУ, 1997.– 52 с.

[3] Илларионов А.В. Разработка математических моделей и алгоритмов принятия решений по кредитованию предприятий малого (среднего) бизнеса на основе аппарата теории нечетких множеств: дис. ... канд. экон. наук. Владимирский гос. университет, Владимир, 2006.- 231с.

[4] Махажанова У., Мурзин Ф. Алгоритм решения задачи определения целесообразности кредитования малых предприятий на основе размытой логики Заде // Тезисы XXIV Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении» – Россия, Иркутск – 2019. – С. 54.

[5] Е. П. Абрамов, У. Т. Махажанова, Ф. А. Мурзин. Принятие решений в области кредитования на основе размытой логики Заде // Сборник 12-я международная Ершовская конференция по информатике (PSI'19) – Россия, Новосибирск. -2019 – С.20-25.

[6] Синянская Е.Р., Баженов О.В. Основы бухгалтерского учета и анализа.– Екатеринбург: Изд-во Уральского университета, 2014. – 270 с.

[7] Н.Н. Ильшева, С.И. Крылов Анализ финансовой отчетности. – Москва: «Финансы и статистика», 2015. – 368 с.

Махажанова У.Т., Муханова А.А., Абдикеримова Г.Б.

Формирование набора показателей оценки кредитоспособности предприятия малого (среднего) бизнеса на основе размытой логики Заде

Резюме. В настоящей работе с помощью математического инструментария теории нечетких множеств предложены нечеткая продукционная система количественных и качественных показателей и математическая модель для осуществления комплексного анализа финансово-экономического состояния и уровня кредитоспособности малого предприятия-заемщика. Описаны финансовые и общеэкономические показатели, влияющие на кредитоспособность.

Ключевые слова: малый и средний бизнес, оценка кредитоспособности, размытая логика, лингвистическая переменная, функции принадлежности, финансовые и общеэкономические показатели.

УДК 331.452

E. Mussina
(Mining and technological institute, Zhezkazgan Baikonurov University,
Zhezkazgan, Republic of Kazakhstan.
e-mail: elmira95.23@mail.ru)

ANALYSIS OF THE CAUSES AND PREVENTION OF OCCUPATIONAL INJURIES, FOR EXAMPLE A CEMENT OF JSC "KARCEMENT»

Abstract. The article is devoted to the integrated study of the causes of accidents that had occurred at the cement company on the example of JSC "Karcement". The paper presents systematic data on the dynamics, number, frequency, severity and causes of occupational injuries. The number of accidents was ranked according to the age category of injured persons, professions, diagnoses and types of accidents that led to occupational injuries. The results of the analysis of accidents at work can become the basis for predicting industrial injuries and a guide for real actions to prevent it, i.e., eliminate the controlled causes of its occurrence, reduce occupational risks, ensuring the highest effectiveness of preventive measures at the lowest cost. In conclusion, the author proposed measures to reduce the number of accidents at the enterprise.

Keyword: labor protection, cement enterprise, accident, level of industrial injuries, statistical and group methods, frequency and severity coefficients.

Э. Б. Мусина
(Горно-технологический институт, Жезказганский университет им. О.А. Байконурова,
Жезказган, Республика Казахстан.
e-mail: elmira95.23@mail.ru)

АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА НА ПРИМЕРЕ ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АО «КАРЦЕМЕНТ»

Аннотация. Статья посвящена комплексному исследованию причин произошедших несчастных случаев на цементном предприятии на примере АО «Карцемент». В работе были представлены систематизированные данные о динамике, количестве, частоте, тяжести и причинах производственного травматизма. Проведено ранжирование количества несчастных случаев по возрастной категории травмированных, профессиям, диагнозам и видам происшествия приведшим к получению производственной травмы. Результаты анализа несчастных случаев на производстве могут стать основой для прогнозирования производственного травматизма и ориентиром для реальных действий по его предупреждению, т.е. устранению управляемых причин его возникновения, снижению профессиональных рисков, обеспечивая наивысшую результативность от превентивных мер при наименьших затратах. В заключении статьи автором были предложены мероприятия по снижению количества несчастных случаев на предприятии.

Ключевые слова: охрана труда, цементное предприятие, несчастный случай, уровень производственного травматизма, статистический и групповой методы, коэффициенты частоты и тяжести.

Введение. На современном этапе экономики государства одной из основных задач является создание безопасных условий труда для работников. Согласно данным статистики количества несчастных случаев на производстве в 2019 году было зарегистрировано 1257 случаев травматизма работников. В которых пострадало 1430 человек, из них со смертельным исходом - 180 человек. Основными причинами смерти работников являются падения с высоты, транспортные происшествия, воздействия движущихся, вращающихся частей и неисправности оборудования, отравления газом, обрушения и обвалы, поражения электрическим током. Помимо технических причин случаи травмирования работников также связаны с непроведением обучения и инструктажа работников (14,3%), а также связаны с необеспечением средствами индивидуальной и коллективной защиты, специальной одеждой и специальной обувью - 10,1% (238).

Согласно статистическим данным за 2019 год наибольшее число работников пострадали на предприятиях горно-металлургического комплекса – 244 человек (17,1 % от общего количества пострадавших), в строительной отрасли пострадало 176 человек (12,3%).

Таким образом получается, что из 1,6 млн. работников — 373 тыс., или каждый четвертый (22,3%), были заняты на вредных и опасных условиях труда [1-5].

Анализ случаев производственного травматизма позволяет выявить причины и основные травмоопасные места на предприятии и проанализировать безопасность технологического процесса, в соответствии с этим разработать мероприятия по недопущения повторения либо снижения количества случаев травматизма.

Методы. Для изучения проблемы исследования был проведен анализ случаев производственного травматизма на примере предприятия АО «Карцемент».

При проведении анализа причин производственного травматизма на предприятии были поставлены следующие задачи:

- сбор первичных данных о травматизме (по актам о несчастных случаях);
- обработка статистических данных;
- изучение природы травматизма путем анализа причин и обстоятельств несчастных случаев;
- установление зависимости травматизма от вредных и опасных производственных факторов;
- разработка мероприятий по снижению уровня травматизма в АО «Карцемент».

Для решения указанных задач был применен групповой метод анализа травматизма с элементами статистического метода с помощью таблиц и графиков, которые представляют собой форму рационального и наглядного изложения цифровых характеристик изучаемых признаков. Дополнительно был применен метод расчета коэффициента корреляции, необходимый для определения зависимости коэффициента тяжести от частоты травматизма, которые в свою очередь зависят от количества несчастных случаев, произошедших в год за исследуемый период времени. Коэффициент корреляции рассчитывался по формуле [6-15]:

$$r = \frac{\overline{(x-\bar{x})*(y-\bar{y})}}{\delta_x \delta_y},$$

где r – линейный коэффициент корреляции.

С целью получения достоверных результатов исследований сбор необходимых данных по случаям травматизма на АО «Карцемент» в период с 2008 г. по 1 квартал 2017 года. Данные по количеству несчастных случаях были представлены в таблице 1.

Таблица 1. **Сведения о производственном травматизме и профзаболеваниях**

Годы	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017 (I кв.)
Кол-во работников	380	410	440	460	480	500	520	540	560	571
Кол-во дней нетрудоспособности	35	30	15	30	20	15	35	0	20	20
Кол-во несчастных случаев - со смертельным исходом	2 -	2 -	1 -	2 -	1 -	2 -	2 -	- -	2 -	1 -
Коэффициент частоты Кч	5,26	4,87	2,27	4,34	2,08	4	3,84	0	3,57	1,75
Коэффициент тяжести $К_т$	0,09	0,07	0,03	0,06	0,04	0,03	0,06	0	0,03	0,03
Профзаболевания	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Результаты. Из таблицы 1 и диаграммы 1 видно, что количество несчастных случаев на предприятии за исследуемый период времени стабильно и не превышает 2 случая за год. За данный период работы предприятия случаев профессиональных заболеваний не было зарегистрировано.

Анализ динамики относительных показателей производственного травматизма (диагр. 1) показал, что за исследуемый период времени коэффициенты частоты и тяжести травматизма были стабильны и не имели большой разброс значений. Коэффициент корреляции для показателя тяжести травматизма от частоты составил 0,86. Полученное значение говорит о наличии прямой связи между коэффициентами тяжести и частоты, т.е. об сильной (очень тесной). Другими словами, в случаи наличия прямой связи с повышением или снижением величины факторного признака происходит

повышение или снижение показателей результативного признака, т.е. изменение фактора и результата происходит в одном направлении.

По информации представленной в актах по несчастных случаям был выполнен анализ по распределению количества несчастных случаев в зависимости от возраста работников на момент получения травмы.



Диаграмма 1. Показатели коэффтициента частоты и тяжести травматизма

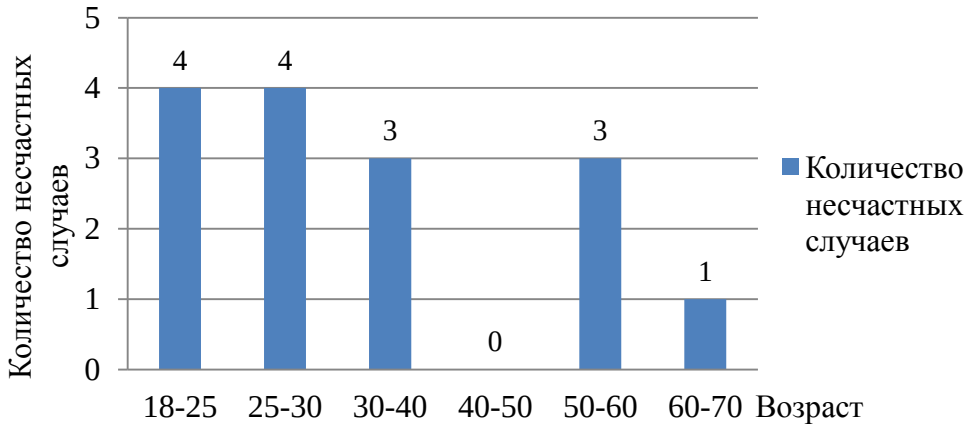


Диаграмма 2. Распределение производственного травматизма по возрасту

Исходя из диаграммы 2, максимальное количество травм приходится на возрастную категорию работников от 18 до 30 лет, имеющие стаж работы в основном от 1,5 месяцев до 1 года. Для этой возрастной группы повышенный уровень травматизма обусловлен недостатком опыта: недостаток знаний о трудовом процессе; неумение анализировать производственные ситуации; определять последствия совершенных действий и поступков; находить правильные решения в сложных ситуациях и др.

Случаи травматизма работников в возрасте от 40 до 50 лет не были зарегистрированы. Это связано с тем, что работники данной возрастной категории становятся специалистами своего дела, приобретают большой производственный опыт, знания, профессиональные навыки, которые позволяют им избежать опасных ситуаций, быстро находить правильное решение и принимать необходимые меры для их устранения.

Для работников в возрасте от 50 до 60 лет зарегистрировано 3 случая травматизма. Это связано со следующими обстоятельствами:

- пренебрежение правилами безопасного выполнения работ в силу адаптации (привыкании) к опасности;

- потеря бдительности и контроля, проявление излишней самоуверенности, вызванные большим опытом работы;

- снижение психических и физиологических функций, связанных с возрастными изменениями.

Для возрастной категории работников старше 60 лет зарегистрирован 1 несчастный случай. Это связано с тем, что рабочий, осознавая приближение пенсионного возраста, становится предельно осторожным и бдительным, строго соблюдает правила ТБ, не допускает неправильных приёмов труда; не рискует, работает спокойно, без лишних движений.

Таким образом, возраст и стаж не могут являться основной причиной несчастных случаев, но они являются дополнительными условиями для их возникновения.

В разрезе специальностей, наиболее чаще всего на предприятии травмировались операторы производственного участка и пульта управления, (6 случаев из 15), слесари по ремонту оборудования – 3 случая, машинисты – 2 случая, и по 1 случаю – электромонтер, электрогазосварщик, помощник машиниста, водитель Белаза (Диаграмма 3).

В большинстве случаев операторы получали травмы, так как они были вынуждены производить ремонт, либо уборку производственного оборудования в случае его внезапной остановки. Таким образом, все эти несчастные случаи происходили из-за неудовлетворительной организации работ.

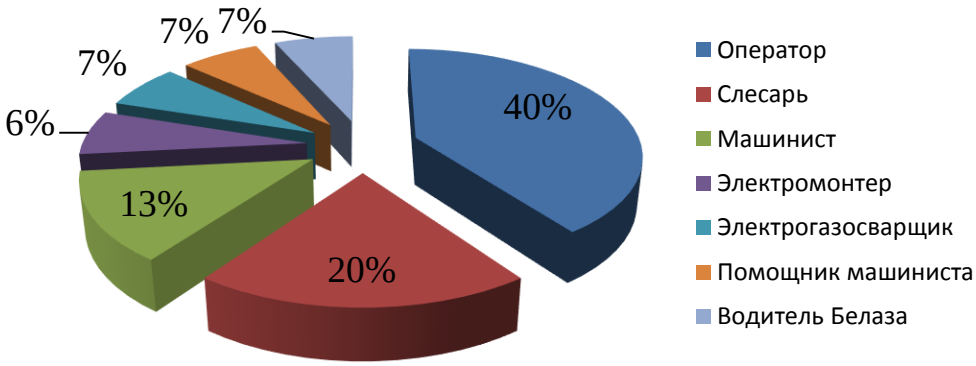


Диаграмма 3. Распределение производственного травматизма по профессиям

Распределение несчастных случаев по виду происшествия представлено на диаграмме 4. Наиболее частыми видами происшествия, приведшие к несчастным случаям, является воздействие экстремальных температур – 5 случаев из 15; падение пострадавшего – 5; воздействие движущихся и разлетающихся предметов и деталей – 4; обрушение материала – 1 случай.

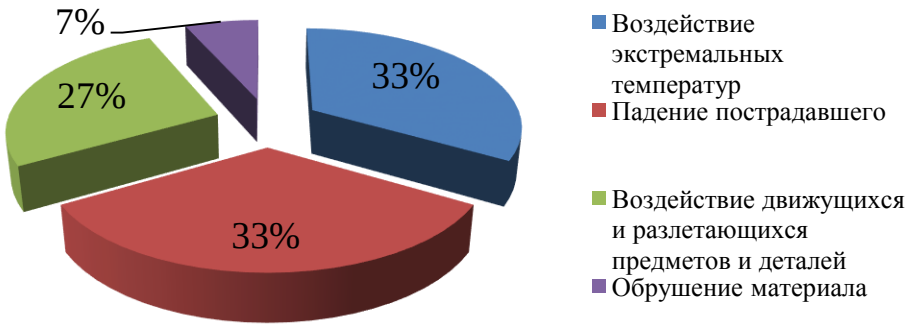


Диаграмма 4. Распределение производственного травматизма по виду происшествия

Также был проведен анализ травм по диагнозу и локальности. Данные представлены на диаграммах 5-6. На которых видно, что в основном в результате несчастного случая, работники получали ожоги, а также переломы и ушибы различных частей тела. В частности, работники получали травмы рук, головы и ног. Все эти травмы были получены в связи из-за неудовлетворительной организации работ и отсутствии контроля со стороны ИТР.

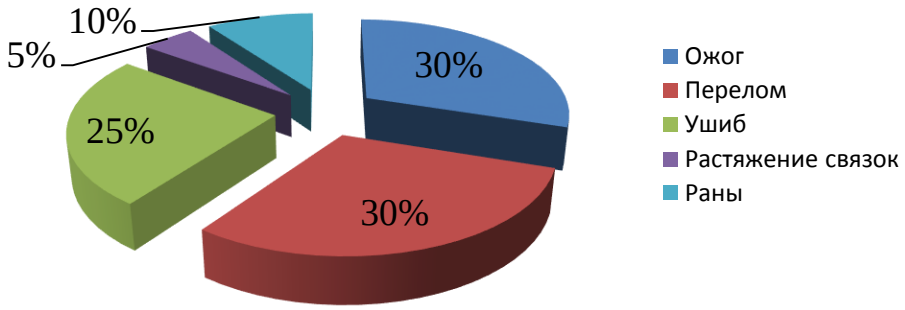


Диаграмма 5. Распределение производственного травматизма по диагнозу

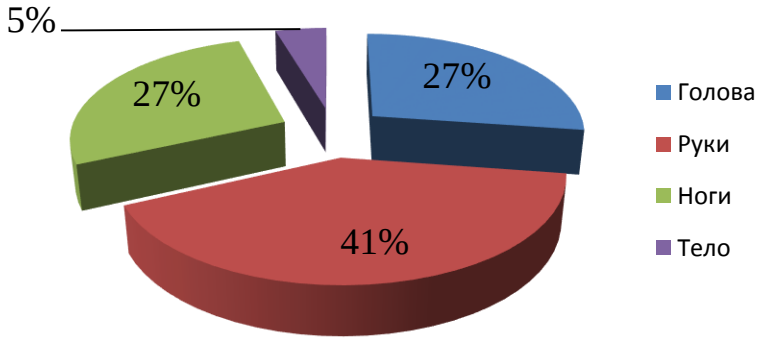


Диаграмма 6. Распределение производственного травматизма по локальности

Таким образом, проанализировав случаи производственного травматизма были установлены причины возникновения несчастных случаев. Распределение причин в зависимости от количества травматизма представлены на диаграмме 7.

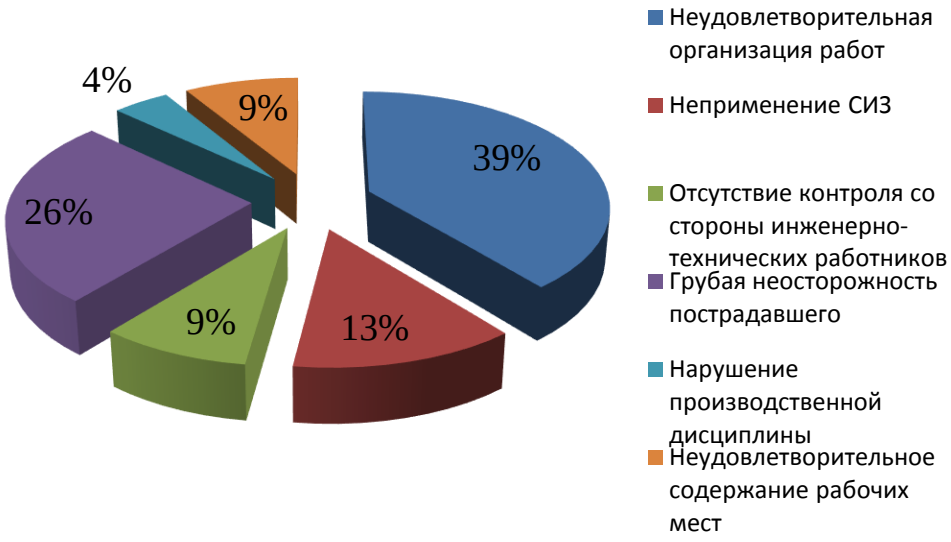


Диаграмма 7. Распределение производственного травматизма по причинам

Обсуждения. Таким образом, основными причинами травматизма на предприятии за анализируемый период с 2008 г. по 1 квартал 2017 г. явились:

- неудовлетворительная организация работ и рабочих мест;
- отсутствие контроля со стороны работодателя;
- нарушение требований безопасности работниками предприятия;
- конструктивные недостатки оборудования.

Исходя из того большинство случаев травматизма произошли по организационным причинам, поэтому предприятию необходимо:

1) улучшить контроль за соблюдением правил и требований безопасности работниками при выполнении работ;

2) обеспечить условия работникам для безопасного выполнения ими их производственных обязанностей на рабочих местах;

3) организовать контроль за применением работниками СИЗ;

4) обеспечить условия, чтобы работники выполняли только свои должностные обязанности;

5) проводить своевременные инструктажи с работниками предприятия и с работниками с других предприятий, выполняющие работы на АО «Карцемент»;

6) проводить своевременное обучение работников безопасным приемам труда выполнения работ.

Помимо организационных мероприятий предприятию также необходимо применение технических решений, направленных на обеспечение безопасности и предотвращения риска возникновения аварий. В частности:

- модернизация технологического оборудования;
- внедрение новых технологий;
- модернизация защитных сооружений;
- модернизация системы оповещения.

Проведение организационных и технических мероприятий позволяют улучшить условия труда на предприятии и снизить количество случаев производственного травматизма и профессиональных заболеваний.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Булавка Ю.А. Анализ производственного травматизма на нефтеперерабатывающем предприятии. // Вестник Полоцкого государственного университета. (Серия №3). - 2011. - С. 130-138.

[2] https://informburo.kz/novosti/v-kazahstane-uvelichilos-kolichestvo-neschastnyh-sluchaev-na-proizvodstve.html

[3] https://rus.azattyq-ruhy.kz/society/4323-180-chelovek-pogibli-na-predpriiatiiakh-kazakhstana-v-2019-godu

[4] https://kadry.mcfr.kz/article/153-statistika-proizvodstvennogo-travmatizma

[5] Бельская Е. Н., Акопян И. Э., Казанцева Д. А., Анализ статистики травматизма по российской федерации и на примере ООО «Красноярский цемент». // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. Издательство: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева» (Красноярск). Том: 2 (Серия №11). - 2015. - С. 19-21.

[6] Янчий С. В., Дегтярев Н. Д. Анализ причин производственного травматизма в организации на основе применения статистического метода / С. В. Янчий, Н. Д. Дегтярев. — Текст: непосредственный // Молодой ученый. (Серия № 4 (138). — 2017. — С. 95-100.

[7] Шанина Е. В., Шанина Ек. В. Анализ производственного травматизма на одном из предприятий города Красноярска. // Фундаментальные исследования. (Серия № 2 (часть 22). – 2015. – С. 4893-4896.

[8] Графкина М.В., Свиридова Е.Ю., Сафрина Н.А. Анализ производственного травматизма в строительстве. // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. (Серия №9). - 2017. - С. 80-87.

[9] Щенников Н.И. Пачурин Г.В. Пути снижения производственного травматизма. // Современные наукоемкие технологии. (Серия № 4). – 2008. – С. 101-103.

[10] Челноков А.А., Жмыхов И.Н., Цап В.Н. Охрана труда. Учебник. - Минск: Вышэйшая школа, 2011. — 671 с.: ил. - ISBN 978-985-06-1850-4.

[11] Шихалёв А.М. Корреляционный анализ. Непараметрические методы / А.М. Шихалёв. – Казань: Казан. ун-т, 2015. – 58 с.

[12] Харченко М.А. Корреляционный анализ: Учебное пособие для вузов. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2008. - 31 с.

[13] Софронеева С.А., Дерюгин Д.Н. Анализ травматизма и несчастных случаев на ОАО ПО «Якутцемент». / С.А. Софронеева, Д.Н. Дерюгин // Международный научно-исследовательский журнал. (Серия №5 (5). — 2012. — С. 53—57.

[14] Филиппов А.А., Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И. Производственный травматизм и направления его профилактики. // Современные наукоемкие технологии. (Серия № 1). – 2016. – С. 45-50.

[15] Пачурин Г.В., Щенников Н.И., Курагина Т.И., Филиппов А.А. Профилактика и практика расследования несчастных случаев на производстве: Учебное пособие / Под общ. ред. Г.В. Пачурина. – 3-е изд., перераб. и доп. – СПб.: Изд. «Лань», 2015. – 384 с.

Мусина Э. Б.

«Карцемент» АҚ цемент кәсіпорны үлгісінде өндірістік жарақаттанудың себептерін талдау және алдын алу

Түйіндеме. Мақала «Карцемент» АҚ мысалын қолдана отырып цемент зауытындағы авариялардың себептерін жан-жақты зерттеуге арналған. Жұмыста жарақаттану динамикасы, саны, жиілігі, ауырлығы және себептері туралы жүйелі мәліметтер ұсынылды. Жазатайым оқиғалар саны зардап шеккендердің жас санаттары, кәсіптері, диагноздары және өндірістік жарақатқа әкеп соқтырған авариялар түрлеріне сәйкес бөлінді. Өндірістегі жазатайым оқиғаларды талдау нәтижелері өндірістегі жазатайым оқиғаларды болжауға негіз бола алады және оны болдырмауға бағытталған нақты іс-шараларға нұсқаулық болады. оның туындауының басқарылатын себептерін жою, кәсіби тәуекелдерді төмендету, алдын-алу шараларынан ең төменгі шығындардан жоғары тиімділікті қамтамасыз ету. Мақаланың соңында автор кәсіпорындағы жазатайым оқиғалардың санын азайту шараларын ұсынды.

Түйін сөздер: еңбекті қорғау, цемент кәсіпорны, жазатайым оқиға, өндірістік жарақаттану деңгейі, статистикалық және топтық әдістер, жиілік пен ауырлық коэффициенттері.

ӘОЖ 81.93.29

Ш.Ж. Мусиралиева, Б.С. Омаров, Ж.Б. Медетбек, Ғ.Р. Қараман, А.К. Бекетова

IDENTIFICATION OF MESSAGES CONTAINING ELEMENTS OF EXTREMISM IN SOCIAL SYSTEMS USING MACHINE LEARNING METHODS

Abstract: Along with the growth of social networks, the number of religious hatred and racism on the Internet is growing. In addition, the activity of radical groups on the Internet calling for violence and extremism is one of the most important issues of public safety. Because for such structures the main tool for information exchange, recruitment and promotion is the Internet, in particular, web resources, social networks, social messengers, etc. In this regard, it is necessary to identify individual users, groups and Internet communities, who create and distribute terrorist and extremist information on the Internet, as well as prevent the spread of extremist materials.

This work is devoted to the study and development of machine learning methods aimed at solving the problem of identifying extremist text in social systems. In addition, models and methods for identifying extremist text are presented, which are used for in-depth linguistic analysis and statistical processing of texts. To classify text as extremist or non-extremist based on social media posts left by a user on the internet, we create a text classification system using sentiment analysis techniques based on machine learning.

Keywords: social network, online extremism, radical text, linguistic analysis, machine learning, big data, vector model, logistic regression, naive Bayes, deep learning.

Ш.Ж. Мусиралиева, Б.С. Омаров, Ж.Б. Медетбек, Ғ.Р. Қараман, А.К. Бекетова
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,
Алматы, Республика Казахстан,)
E-mail: medetbek.zhanar@gmail.com

МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЭКСТРЕМИЗМ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ҚАМТИТЫН ХАБАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУ

Аннотация: Әлеуметтік желілердің өсуімен қатар, сәйкесінше, желідегі діни жеккөрушілік пен нәсілшілдік саны артып келеді. Сондай-ақ, зорлық-зомбылыққа, экстремизмге шақыратын радикалды топтардың желідегі белсенділігі қоғам қауіпсіздігі үшін маңызды проблемалардың бірі болып табылады. Өйткені мұндай құрылымдар үшін ақпарат алмасудың, рекрутингтің және насихаттаудың негізгі құралы Интернет желісі, атап айтқанда веб ресурстар, әлеуметтік желілер, әлеуметтік мессенджерлер және т.б. болып табылады. Осыған байланысты интернетте террористік және экстремистік ақпаратты тудыратын және тарататын жекелеген пайдаланушыларды, топтарды және желілік қауымдастықтарды анықтау, сондай-ақ экстремистік материалдардың таралуының жолын кесу міндеті туындайды.

Бұл жұмыс әлеуметтік жүйелерде экстремистік мәтінді анықтау мәселесін шешуге бағытталған машиналық оқыту әдістерін зерттеуге және әзірлеуге арналған. Сонымен бірге, экстремистік мәтінді анықтаудың модельдері мен әдістері ұсынылады, олар мәтіндерді терең лингвистикалық талдау мен статистикалық өңдеу үшін қолданылады. Интернет желілерінде қолданушы қалдырған әлеуметтік медиа жазбаларына сүйене отырып,

мәтінді экстремистік немесе экстремистік емес деп жіктеу үшін машиналық оқытуға негізделген пікірлерді талдау (sentiment analysis) әдістерін қолдана отырып, мәтінді жіктеу жүйесін жасаймыз.

Кілттік сөздер: әлеуметтік желі, онлайн экстремизм, радикалды мазмұндағы мәтін, лингфистикалық талдау, машиналық оқыту, үлкен көлемді деректер, векторлық модель, логистикалық регрессия, аңқау Байес, терең оқыту.

I. КІРІСПЕ

Соңғы жылдары қылмыстық іс-әрекеттер, әсіресе терроризм күшейе түсті. Бүгінде экстремистердің көпшілігінде әлеуметтік желілерде аккаунттары мен чаттары бар, олар виртуалды қоғамдарға өмірге белсене қатысады. Әлеуметтік желілерді радикалды идеялар мен экстремистік қауіптерді тарату үшін қолдану мәселесі соңғы 10 жылда осы саланы зерттеушілердің назарын аударып келеді. Интернет – бұл, ашық ресурс болғандықтан, оны пайдалану - кез-келген ақпаратты жылдам, әрі жасырын түрде таратуға, әлеуметтік желілер мен форумдардың аудиториясымен тікелей байланысуға мүмкіндік береді. Бүгінгі таңда әйгілі әлеуметтік желілердің бүкіл әлемде кең ауқымы және аудиториясы бар: Facebook айына 2,5 миллиардтан астам белсенді қолданушыларды, ал YouTube ай сайын 2 миллиардқа жуық қолданушыларды қолдайды. Сол сияқты Twitter-де айына орта есеппен 386 миллион белсенді қолданушысы бар. Сонымен қатар, танымал Instagram және WhatsApp әлеуметтік желілерінде миллиардтаған пайдаланушылар тіркелген [0].

Зерттеу жұмысында көрсеткендей [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**, **Ошибка! Источник ссылки не найден.**], 2015 жылы Twitter-де террористік әрекеттерге байланысты 125000-нан астам аккаунттар табылған. Твиттердегі экстремистік мазмұндағы посттардың өсуіне байланысты, компания әр түрлі елдердегі (Америка Құрама Штаттары (АҚШ), Ирландия және т.б.) кәсіпқойлар тобын құрды, олар күдікті аккаунттарды қадағалап, олар табылған кезде оларды бұғаттайды.

Желі арқылы таратылатын ақпараттың үлкен көлеміне, оның тілдік әртүрлілігіне және нақты уақыттағы мониторингке қойылатын талаптарға байланысты, ықтимал қауіпті пайдаланушыларды анықтау, экстремистік материалдарды уақытылы өшіру, экстремистер немесе олардың шабуылдары туралы барлық ақпаратты талдау үшін мәтінді талдаудың автоматтандырылған процедураларын қолдану қажет.

Машиналық оқыту қолданылу аумағының кең спектріне байланысты, үлкен көлемді деректерді өңдей отырып, болжау мақсаттарында жиі қолданылады.

Үлкен көлемді деректер [4] термині, әдеттегі деректер қорының мүмкіндіктерінен асып түсетін деректер жиынтығының өлшемін ғана емес, сонымен қатар өңдеу және талдау алдында дәстүрлі алгоритмдер әлсіз болып табылатын құрылымдалмаған ақпараттар есептеледі. Машиналық оқытудың кейбір заманауи алгоритмдері үлкен ауқымды мәліметтер жиынтығын оқыта отырып, машиналық оқытудың жақсы алгоритмдерін жасауға мүмкіндік береді.

Бұл мақалада әр түрлі жіктеу әдістерінің жұмыс сапасын алгоритмнің дәлдігі, толықтығы, уақыты, алгоритмнің өсу режимінде жұмыс істеу қабілеті, жіктеуге қажетті алдын-ала ақпараттың көлемі, тілдің тәуелсіздігі сияқты сипаттамалары бойынша талдау және салыстыру әрекеттері жасалды.

2. ӘДЕБИЕТТЕРГЕ ШОЛУ

Бұл бөлімде біз әлеуметтік желілердегі экстремистік мәтінді жіктеу бойынша жүргізілген зерттеулерге шолу жасаймыз.

Зерттеулер көрсеткендей, экстремистік топтар негізінен қате хабарламалар, жағымсыз сөздер мен дөрекі пікірлер таратады. Көптеген жек көрушілікті насихаттайтын топтар өздерінің идеологиясын насихаттау үшін әсіресе танымал әлеуметтік желілерді қолданады, олардың экстремистік мазмұнын көрермендеріне таратады [5]. Олар әлеуметтік желілерді өз тобына жаңа мүшелерді тартуды жеңілдету үшін құрал ретінде пайдаланады, біртіндеп әлемдік аудиторияны қамтып, басқаларды зорлық-зомбылық пен терроризмге итермелейді [6].

Интернеттегі экстремизмді анықтау мәселесі XXI ғасырдың басынан бастап зерттеушілердің назарын аударған. Бүгінгі күні осы тақырып бойынша көптеген мәліметтер мен әдебиеттер бар, сондай-ақ осы саладағы қолданыстағы шешімдер мен әдістерде жетерлік.

Мәтіндік классификация - экстремистік контентті анықтаудың ең танымал әдістері болып табылады. Мәтіндік классификация лингвистикалық ерекшеліктерді зерттейді және машинаны оқыту классификаторының негізінде шешім қабылдайды. Бұл тәсіл біздің зерттеу жұмысымызда

қолданылатын әдіске сәйкес келеді. Машиналық оқудағы тапсырмалардың шамамен 70% -ы классификация міндеттеріне жатады.

Соңғы онжылдықтарда табиғи тілді өңдеу (NLP) және пікірлерді талдау(sentiment analysis) саласы жылдан-жылға дамуда. KNN, Naive Bayes әдісі, EDA, мәліметтерді кластерлеу, Decision Tree, Gradient Boosted Decision Tree (GBDT) және Deep Neural Network (DNN) - әлеуметтік желілерде радикалдықты анықтайтын ең кең таралған әдістер болып табылады.

Әлеуметтік желілердегі жазбаларға сүйене отырып, Azizan мен Aziz [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] машиналық оқыту әдістерін қолдана отырып, экстремистік мәтінді анықтау үшін зерттеу жүргізді, дәлірек айтсақ, Naive Bayes алгоритмін қолданды. Ол басқа машиналық оқыту классификаторларымен салыстырғанда жақсы нәтижелер көрсетті. Деректерді жинауда Twitter streaming API пайдаланылған. Бұл зерттеу жұмысында деректер мына критерийлер бойынша, яғни “ISIS”, “Muslim”, “bomb”, “terrorist” және т.б. террористтік кілттік сөздері бойынша жинақталды. Сонымен қатар, олар экстремистік топтарға қатысты пайдаланушылардың пікірлерін оң (positive sentiment) және теріс (negative sentiment) деп жіктеді. Алайда, твиттерді оң және теріс класстар бойынша жіктеу экстремистік және экстремистік емес твиттерді ажыратудың тиімді әдісін ұсынбайды.

Біздің мәселеге жақын мәселені шешу тәсілдері келесі жұмыста [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] қарастырылған. Мұнда Twitter-де жиһадшыл топтар шығарған радикалды мазмұнды мәтінді автоматты түрде анықтау тәсілдері ұсынылған. Ол үшін SVM, AdaBoost, Naive Bayes әдістерін қолдана отырып, радикалды және радикалды емес деп жіктеу нәтижелерін салыстырып көрсеткен.

Орыс тілінде экстремистік мәтінді анықтаудың модельдері мен әдістері [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] зерттеу жұмысында көрсетілген. Сондай-ақ, орыс тіліндегі террористік, діни жеккөрушілік, нәсілшілдік және басқа радикалды мәтіндер жиынтығын және осы деректер қорымен жүргізілген тәжірибелердің нәтижелері ұсынылған. Орыс тілінде дайын экстремистік корпус болмағандықтан, авторлар зерттеу үшін қолдан корпус құрған. Корпуста 493 мәтін бар (650 000 сөз), олардың 368-і экстремистік, 125-і нейтралды. Экстремизм ұғымы кең, сондықтан олар экстремистік мәтінді 7 санатқа жіктеді: Терроризм (27 мәтін, 3296 сөз), Идеологиялық мәтіндер (26 мәтін, 21 131 сөз), Діни өшпенділік (55 мәтін, 16 697 сөз), Сепаратизм (7 мәтін, 852 сөз), Ұлтшылдық (208 мәтін, 19 399 сөз), Агрессия және көтеріліске үндеулер (43 мәтін, 6757 сөз), Фашизм (13 мәтін, 2059 сөз). Зерттеуде 2 мәселе қарастырылады: Экстремистік мәтіндерді анықтау, Экстремистік тақырыпты анықтау. Экстремистік мәтіндерді анықтауда бинарлы классификация бойынша шешу, яғни экстремистік немесе нейтралды мәтін деп бөлу ұсынылады. Ал экстремистік тақырыпты анықтауда жоғарыда көрсетілген 7 санат бойынша жіктеу ұсынылады. Екі тапсырма бойынша да логистикалық регрессия, SVM, Random Forest, Gradient boosting машиналық оқыту әдістерін қолданған.

Мәтінді классификациялау мәселесін шешуге арналған ұқсас тәсіл [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] жұмыста ұсынылған. Деректерді жинауда Twitter Streaming API пайдаланылды. Корпус 2018 жылы Ауғанстандағы Кундуз медресесіне шабуылдарға байланысты Твиттердегі посттардың негізінде құрылған. Корпус 3380 посттан тұрады. Мәтіндік классификация үшін Naïve Bayes, SVM, Decision Tree, Random Forest, KNN, Bagging, Boosting машиналық оқыту әдістері пайдаланылған.

Келесі зерттеу жұмысында [**Ошибка! Источник ссылки не найден.**] терең оқыту (Deep learning) әдістерін пайдаланып классификация жасалынған. Twitter-дегі пайдаланушылардың хабарламаларына негізделген экстремистік және экстремисттік емес класстарға жіктеу жүйесі ұсынылған. Корпус 25000 посттан тұрады. Оның 80%-ы жүйені жаттықтыруға бағытталған, ал 20%-ы тестілеу үшін. Модельді жаттықтыру үшін 12754 “экстремистік” және 8432 “экстремистік емес” деп таңбаланған мәтіндер қолданылған. Авторлар өздерінің LSTM+CNN терең оқыту моделін ұсынып, басқа ML және DL әдістерімен салыстырған. Нәтижесінде, авторлар ұсынған модель басқа модельдерге қарағанда ең жоғарғы дәлдікті көрсеткен.

3. Корпус құру

Бұл жұмыста Dark Web Portal Project әр түрлі тілдегі 28 форум мәліметтерін қамтитын жобаның бір форумына талдау жасалған [8]. Аталған форумдарда экстремистік және жалпы діни мәселелер талқыланады, олардың бірқатары радикалдық ислами сипаттағы мәтіндер болып келеді. Аталған форумдардың ішіндегі Ansar1 форумына тоқталған. Ол жерде барлығы 29942 хабарлама бар. Хабарламалар 2008-2010жж. мерзімі аралығында жинақталған. Қолданушылардың жалпы саны - 382. Негізгі тілі ағылшын тілі болса да, арасында араб, орыс, түрік және т.б ұлттарының тіліндегі хабарламалар кездеседі. Талдаудың дәлдігін арттыру мақсатында келесі тапсырмалар орындалды: -

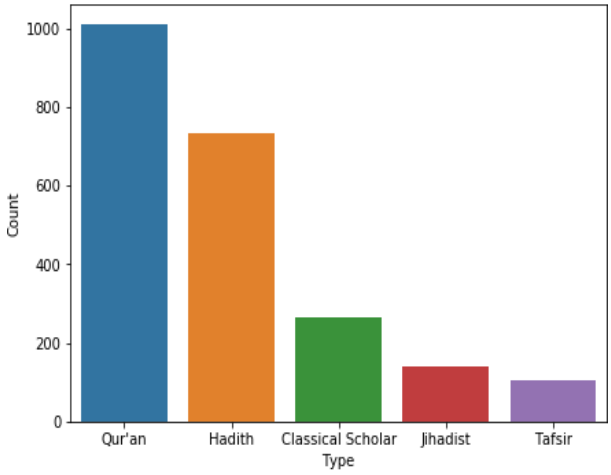
экстремистік мазмұндағы хабарламалардан жеке корпусы құрылды, машиналық оқыту әдістерін оқыту үшін және аталған әдістер арқылы жіктеу жұмыстарын жүргізу үшін пайдаланылады; - корпустағы мәтіндердің орфографиялық қателері түзетілді, барлық тыныс белгілері мен сілтемелер өшірілді; - корпустағы мәтіндерге стемминг алгоритмі қолданылды, яғни мәтіндегі әр сөздің жалғаулары мен жұрнақтары алынып тастап, тек негізі ғана қалдырылады; - нәтижесінде корпустағы мәтіндердің жалпы саны мыңнан асады [9].

Мәтінді классификация жасау үшін ең алдымен корпус құратырдық. Біз экстремистік мазмұндағы мәтіндерден және нейтралды мәтіндерден тұратын корпус құрастырылды. Экстремистік мәтін ретінде ағылшын тіліндегі ИГИЛ экстремисттік тобы қолданған религиялық мәтіндерді [10] алдық. Бұл діни мәтіндер ИГИЛ идеологиясында, үгіт-насихаттауда және адамдар тартуда шешуші рөл атқарады. Корпустағы экстремистік мәтіндердің жалпы саны, жоғарыдағы дерек көздерін қосқанда - 2700 шамасында.

Біздің жұмысымызда деректерді зерттеу үшін төрт әдісті қолдандық: TF-IDF және сөз қапшығы (Bag of Words) негізінде логистикалық регрессия (logistic regression), тірек вектор әдісі (SVM), және кездейсоқ орман алгоритмі (Random Forrest), аңқау Байес әдістері (naive Bayes classifier).

Мәтіндер типі бойынша келесі санаттарға бөлінген:

Qur'an	1011
Hadith	732
Classical Scholar	264
Jihadist	138
Tafsir	105
Unknown	98
Media, Politician, or Analyst	77
Bible	62
Salaf	39
Sira	33
Hadith Commentary	30
Muslim Historical Figure	28
Islamist	25
Religious Scholar	11
Fatwa	8
Shia Scholar	6
Fiqh	5
Contemporary Scholar	4
Classical Islamic Scholar	3
Christian	2
Poetry	1
Western Historical Figure	1
Hadith	1



1-сурет. Корпустағы радикалды сөздердің типтік санаттары

4. Экстремистік мәтінді анықтау әдістері

4.1 Мәтіндерді таңбалау

Мәтінді классификация жасайтын модельді оқыту үшін ең алдымен оны таңбалау керек. Біз нейтралды мәтінді 0, экстремистік мазмұндағы мәтінді 1 деп таңбаладық.

4.2 Деректерді алдын-ала өңдеу

Деректер таңбалар, сілтемелер және тыныс белгілері түріндегі «шу» немесе «керексіз деректерден» тұратын өңделмеген түрінде болады. Деректердегі керек емес артық символдар модель үшін пайдасыз және классификаторлардың көрсеткішін төмендетуі мүмкін. Мұндай қажетсіз символдарды корпустан алып тастау үшін, біз төменде сипатталған деректерді өңдеудің бірнеше тапсырмаларын орындаймыз.

Токенизация – мәтінді сөздердің сегментіне түрлендіру. Модель үшін қажетсіз символдарды жою және сөздердің векторын құру үшін әрбір мәтінді токендерге бөлдік.

Сөздерді кіші регистрге ауыстыру – әр түрлі регистрдегі(үлкен немесе кіші) бірдей сөздердің қайталануын болдырмау үшін барлық токенді кіші регистрге түрлендірдік.

Бізге мәтіннің мағыналы бөлігі қажет, сондықтан тыныс белгілерін, алфавитке жатпайтын таңбаларды, сандарды алып тастадық.

Мәтінде тежеуіш сөздер, яғни бұл сөзді алып тастағанымен сөйлемнің мағынасы өзгермейтін сөздер, кездеседі. Бұндай сөздер оқу уақытын ұзартады және модельдің дәлдік көрсеткішін төмендетуі мүмкін. Сондықтан тежеуіш сөздерді алып тастадық.

Стемминг – сөздерден аффикстерді (жұрнақтар мен жалғауларды) жойып, сөзді бір формаға келтіру.

4.3 Сөздерді верторларға түрлендіру

Модельге математикалық және статистикалық зерттеулер жүргізу үшін машинаны оқыту алгоритміне функция векторы түрінде сандық сурет қажет. Векторизациялау кезінде Bag of Words және TF-IDF пайдаланылған. Bag of Words моделінде мәтін грамматика мен тіпті сөздердің ретін ескермей, бірақ сөздердің жиілігін сақтай отырып сөздердің қапшығы ретінде ұсынылады. Бұл модел мәтінді классификациялау әдістерінде жиі қолданылады, мұнда әр сөздің кездесуі (жиілігі) классификаторды оқытатын функция ретінде қолданылады. TF-IDF – мәтін контекстіндегі сөздің маңыздылығын бағалау тәсілі болып табылады.

4.4 Машиналық оқыту әдістерін пайдаланып модель құру

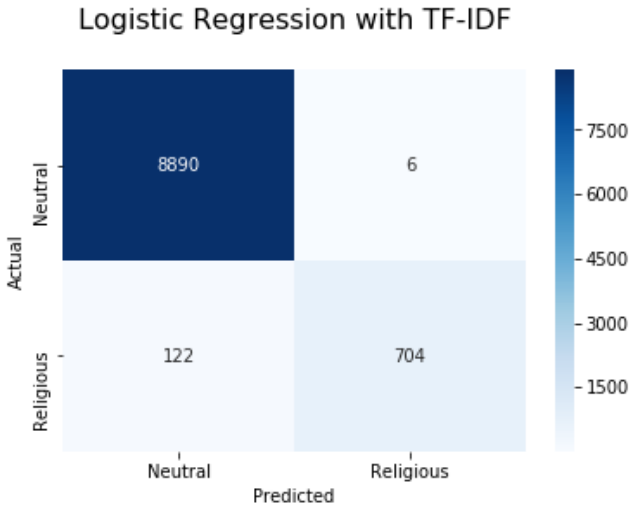
Экстремистік мәтінді анықтау үшін келесі машиналық оқыту алгоритмдері негізінде модель құрылды: Logistic Regression, Support Vector Machine (SVM), Random Forest, Naïve Bayes. Корпустың 0.7 бөлігі модельді жаттықтыруға, ал 0.3 бөлігі тестілеу үшін қолданылды. Бұл алгоритмдердің нәтижелері мен тиімділігі келесі бөлімде көрсетілген.

5. Нәтижелер

Бұл бөлімде алдыңғы бөлімде көрсетілген машиналық оқыту алгоритмдері негізінде құрылған модельдің болжам нәтижелері көрсетілген және осы нәтижелер бойынша салыстырылды.

f1_score:0.9426020408163265

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	0.99	8896
1	1.00	0.89	0.94	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.99	0.95	0.97	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722



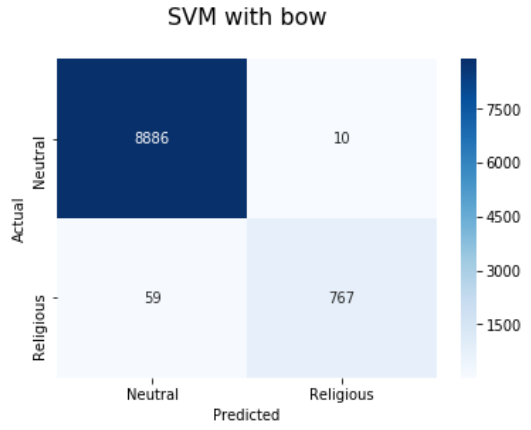
2 - сурет. Logistic Regression әдісінің нәтиже көрсеткіштері

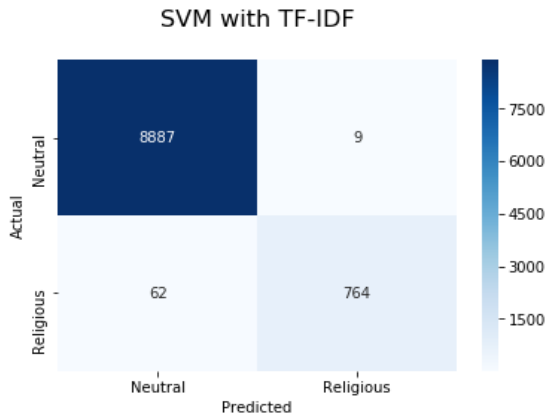
f1_score:0.956955708047411

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	1.00	8896
1	0.99	0.93	0.96	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.99	0.96	0.98	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722

f1_score:0.955597248280175

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	1.00	8896
1	0.99	0.92	0.96	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.99	0.96	0.98	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722





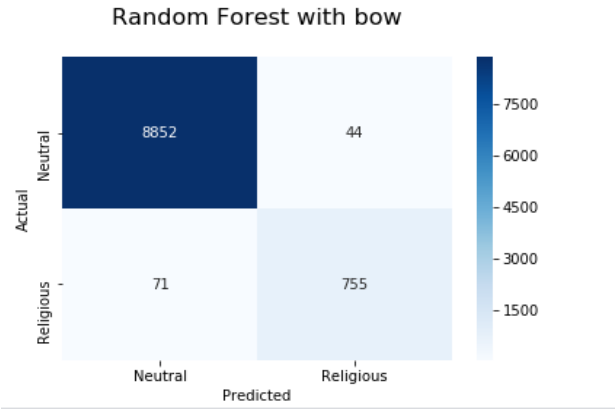
3 - сурет. SVM әдісінің нәтиже көрсеткіштері

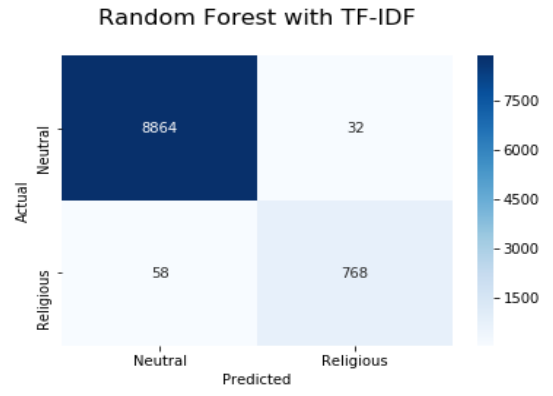
f1_score:0.9292307692307692

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	0.99	8896
1	0.94	0.91	0.93	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.97	0.95	0.96	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722

f1_score:0.944649446494465

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	0.99	8896
1	0.96	0.93	0.94	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.98	0.96	0.97	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722





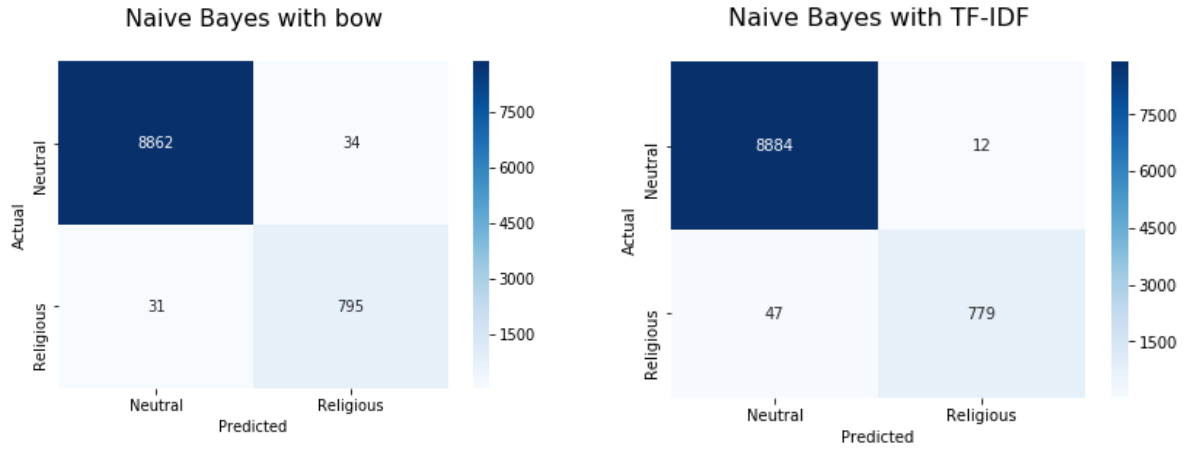
4 - сурет. Random Forest әдісінің нәтиже көрсеткіштері

f1_score:0.960725075528701

	precision	recall	f1-score	support
0	1.00	1.00	1.00	8896
1	0.96	0.96	0.96	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.98	0.98	0.98	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722

f1_score:0.9635126777983921

	precision	recall	f1-score	support
0	0.99	1.00	1.00	8896
1	0.98	0.94	0.96	826
accuracy			0.99	9722
macro avg	0.99	0.97	0.98	9722
weighted avg	0.99	0.99	0.99	9722



5 - сурет. Naive Bayes әдісінің нәтиже көрсеткіштері

Кесте 1. **Мәтіндік жіктеу әдістерінің салыстырмалы кестесі**

model	f1_score with bow	f1_score with TF-IDF
Logistic Regression	0,94	0,92
SVM	0,95	0,95
Random Forest	0,93	0,94
Naïve Bayes	**0,96**	**0,96**

Қорытынды

Бұл жұмыста Интернеттегі ықтимал экстремистік және террористік ақпаратты анықтау үшін машиналық оқыту әдістерін қолданудың мәселесі қарастырылады. Сондай-ақ осы мәселе бойынша қолданыстағы шешімдер мен тәсілдерге шолу жасалды және ақпараттық шуды алып тастай отырып, жаңа өзіндік әдіс ұсынылған. Ұсынылған әдістің қолданылуы мен тиімділігі тәжірибе жүзінде көрсетілді.

Зерттеу жұмысы барысында ВКонтакте әлеуметтік желісінен парсинг жасайтын python тілінде арнайы Parser код жазылды және қазақ тіліне

арналған стемминг алгоритмі құрастырылды.

Болашақта осы бағыттағы зерттеулерді жалғастырып, келесі мәселелерді шешуді жоспарлап отырмыз:

- Қазақ тілінді экстремистік корпус құрып, жоғарыда қарастырған алгоритмдер бойынша эксперимент жасау.
- Басқа әлеуметтік желілердің API жұмысымен танысу.
- Классификация дәлдігін арттыру үшін word2vec және алгоритмдерін қолдану.
- Мәтінді классификациялау мәселесі бойынша терең оқыту әдістер қарастыру.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Statistics. Most popular social networks worldwide. The Statistics Portal. 2020. Available online // https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/ (accessed on 2 May 2020).

[2] Azizan, S.A.; Aziz, I.A. Terrorism Detection Based on Sentiment Analysis Using Machine Learning. J. Eng. Appl. Sci. 2017, 12, 691–698.

[3] Yadron, D. Twitter Deletes 125,000 ISIS Accounts and expands anti-Terror Teams. Available online // https://www.theguardian.com/technology/2016/feb/05/ twitter-deletes-isis-accounts-terrorism-online.

[4] M. Viktor, K. Cukier. Big data: A revolution that will transform how we live, work, and think. Houghton Mifflin Harcourt, 2013.

[5] Agarwal, S., Sureka, A.: A focused crawler for mining hate and extremism promoting videos on youtube. In: Proceedings of the 25th ACM Conference on Hypertext and Social Media, pp. 294–296 (2014). ACM.

[6] Sureka, A., Agarwal, S.: Learning to classify hate and extremism promoting tweets. In: Intelligence and Security Informatics Conference (JISIC), 2014 IEEE Joint, pp. 320–320 (2014). IEEE

[7] Ahmad, S., Asghar, M.Z., Alotaibi, F.M. et al. Detection and classification of social media-based extremist affiliations using sentiment analysis techniques. Hum. Cent. Comput. Inf. Sci. 9, 24 (2019) // https://doi.org/10.1186/s13673-019-0185-6.

[8] Көлеңкелі Веб және геосаяси веб-зерттеулер // https://ai.arizona.edu/research/dark-web-geo-web. Қаралған күні: 05.11.2017.

[9] М.А. Болатбек, Ш.Ж. Мусиралиева ЭКСТРЕМИСТІК МӘТІНДЕРДІ МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІ АРҚЫЛЫ АНЫҚТАУ // ВЕСТНИК КазНИТУ. - 2018г.. - №№6 (130). - С. 300-304.

[10] Kaggle URL: https://www.agkgle.com/fifthtribe/isis-religious-texts (дата обращения: 15.02.2020).

Мусиралиева Ш.Ж., Омаров Б.С., Медетбек Ж.Б., Қараман Ғ.Р., Бекетова А.К.

Идентификация сообщений, содержащих элементы экстремизма в социальных системах с использованием методов машинного обучения

Резюме: Вместе с ростом социальных сетей растет количество религиозной ненависти и расизма в сети. Кроме того, активность радикальных групп в Интернете, призывающих к насилию и экстремизму, является одним из важнейших вопросов общественной безопасности. Потому что для таких структур основным инструментом для обмена информацией, найма и продвижения является Интернет, в частности, является веб-ресурсы, социальные сети, социальные мессенджеры и т. д. В связи с этим необходимо выявить отдельных пользователей, группы и интернет-сообщества, которые создают и распространяют террористическую и экстремистскую информацию в Интернете, а также предотвращать распространение экстремистских материалов.

Данная работа посвящена изучению и разработке методов машинного обучения, направленных на решение проблемы выявления экстремистского текста в социальных системах. Кроме того, представлены модели и методы выявления экстремистского текста, которые используются для углубленного лингвистического анализа и статистической обработки текстов. Чтобы классифицировать текст как экстремистский или неэкстремистский на основе сообщений в социальных сетях, оставленных пользователем в Интернете, мы создаем систему классификации текста с использованием методов анализа настроений на основе машинного обучения.

Ключевые слова: социальная сеть, онлайн-экстремизм, текст с радикальным содержанием, лингвистический анализ, машинное обучение, большие данные, векторная модель, логистическая регрессия, наивный Байес, глубокое обучение.

Sh.Zh. Mussiraliyeva, M.Y. Aidyn, R.K. Ospanov
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
Email: {mussiraliyevash, aidynme, ospanov.ruslan.k} @gmail.com)

USER IDENTIFICATION METHOD BASED ON FRIENDSHIP AND DEMOGRAPHIC ATTRIBUTES IN SOCIAL NETWORKS

Abstract. Nowadays, social networks are a platform for a lot of information. With the exception of useful information, social media has become a convenient platform for illegal activities. Suspicious activity is often overshadowed by the lack of threat detection and analysis systems on social media. This article provides a brief overview of approaches for analyzing information from a user profile. Methods of programming interface of social network for intelligence based on open data are considered. The method of identifying the user of the profile based on the analysis of data of friendships and attributes has been tested.

Key words: social network, Vkontakte, data analysis, OSINT, virtual connections.

Ш.Ж. Мусиралиева, М.Е. Айдын, Р.Қ. Оспанов
(Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
Email: {mussiraliyevash, aidynme, ospanov.ruslan.k} @gmail.com)

МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ДРУЖЕСКИХ СВЯЗЕЙ И ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ

Аннотация. В настоящее время социальные сети являются площадкой большого количества информации. За исключением полезной информации социальные сети стали удобной платформой для противозаконных действий. Зачастую подозрительная активность остается в тени ввиду отсутствия систем обнаружения и анализа угроз в социальных сетях. В статье представлен краткий обзор подходов для анализа информации из профиля пользователя. Рассмотрены методы интерфейса программирования социальной сети для разведки на основе открытых данных. Опробован метод идентификации пользователя профиля, основанный на анализе данных дружеских связей и атрибутов.

Ключевые слова: социальная сеть, в контакте, анализ данных, OSINT, виртуальные связи.

Введение

В последние годы социальные сети, такие как Facebook, Twitter и Google+, Вконтакте привлекли миллионы пользователей. Наиболее широко используемой социальной сетью на территории СНГ является социальная сеть “ВКонтакте” которая насчитывает 100 миллионов активных пользователей [1]. Среди жителей Казахстана на долю данной социальной сети приходится 7,2 миллиона пользователей [2]. Социальные сети привлекли внимание всего мира из-за их возможности обращаться к миллионам пользователей и строить коммуникативные связи. Потенциальные возможности социальных сетей часто используются злоумышленниками, которые извлекают конфиденциальную информацию неосведомленных пользователей или используют социальную сеть в качестве платформы для противоправных действий. Одним из наиболее распространенных способов создания анонимности для противозаконных действий является использование поддельных профилей, когда злонамеренные пользователи представляют себя в профилях, выдавая себя за фиктивных или реальных людей. Основная цель этого исследования провести анализ профилей пользователей в социальной сети на основе заполненных данных и дружеских связей пользователя. Для этого мы воспользовались инструментами для разведки на основе открытых источников и произвели сбор данных, было проанализировано взаимодействие между профилями. В результате нашей работы был рассмотрен метод идентификации профиля пользователя в социальной сети на основе демографических атрибутов дружественных связей пользователя.

Обзор литературы

В последние годы в социальных сетях наблюдается экспоненциальный рост в взаимодействиях между пользователями. Быстрый рост интересов параллельно вызвал резкий рост противоправных действий. В социальных сетях достаточно много поддельных профилей которые превратились в удобный инструмент для злоумышленников. Исследования сообщают о подозрительной активности поддельных аккаунтов на страницах политиков, знаменитостей и медийных личностей [3]. По результатам исследования поддельные профили могут быть использованы социальными ботами или злоумышленниками для раскрутки ложных новостей, разжигания межнациональной розни или распространения иной информации [4]. Информационная безопасность и конфиденциальность являются одними из основных требований пользователей социальных сетей, поддержание и обеспечение этих требований повышает надежность сети и, следовательно, уровень доверенности к социальной сети.

В 2012 году Facebook заметил злоупотребление на их платформе, включая публикацию ложных новостей, разжигания ненависти, сенсаций и поляризации, и других [5]. Это явление подняло вопрос о необходимости новых методов обнаружения таких действий и их предотвращения.

В 2015 году Facebook подсчитал, что почти 14 миллионов его активных пользователей ежемесячно являются нежелательными, представляя вредоносные поддельные учетные записи, которые были созданы в нарушение условий обслуживания веб-сайтов [6]. Facebook впервые опубликовал отчет за первый квартал 2018 года, в котором показаны их внутренние руководящие принципы, используемые для обеспечения соблюдения стандартов сообщества применительно к их усилиям в период с октября 2017 года по март 2018 года. Этот отчет иллюстрирует количество

нежелательного контента, который был удален Facebook и охватывает шесть категорий: сцены насилия, нагота взрослых, сексуальная активность, террористическая пропаганда, ненавистнические высказывания, спам [7].

В нынешних условиях можно отметить две задачи, решение которых можно найти с помощью анализа определенных параметров в социальной сети. Задачи выявления лидеров в определенной группе пользователей и идентификация профилей.

Разработка системы определения связей и верификации профилей является одной из сложных задач на сегодняшний день.

Зачастую социальные сети используют поведенческий анализ, благодаря которому удается обнаружить пользователей, нарушающих тем или иным образом пользовательское соглашение [8]. Подозрительная активность ведет к появлению механизма верификации Captcha.

Следующий подход представляет собой методы статического или семантического анализа текстов. В случае если определенное сообщество пользователей ведет обсуждение определенной темы или профили пользователей управляются одним лицом. При использовании семантического анализа используется корпус текстов для присвоения определенного идентификатора.

Третий подход заключается в проведении анализа связей пользователя. Данный метод основан на анализе количества тех или иных атрибутов связей пользователя.

В качестве комбинированного метода можно использовать несколько методов одновременно, что позволяет на основе многих факторов получать результаты с высокой достоверностью. Данный метод строится на основе машинного обучения, где ключевыми задачами являются подбор классификатора и обучение модели.

Методы и инструменты

Зачастую при заполнении профиля в социальной сети пользователи преднамеренно либо по ошибке указывают ложную информацию о фактах биографии. Некорректно указанные данные затрудняют решение задачи идентификации пользователя. Однако возможность анализа демографических атрибутов профиля пользователя и профилей друзей пользователя предоставляет возможность частичной идентификации пользователя. В работе мы рассматриваем метод предназначенный для разведки на основе открытых источников, а именно использование инструмента верификации профиля пользователя в социальной сети ВКонтакте для последующего анализа. Для получения предполагаемых данных был применен алгоритм вычисления среднего значения атрибутов. Для анализа были выбраны следующие атрибуты:

1. Часто встречающийся пол друзей пользователя.
2. Возраст друзей.
3. Города друзей.
4. Увлечения пользователя на основе групп пользователя.

Для получения необходимых данных из страницы пользователя были использованы следующие инструменты:

1. Интерфейс программирования API Вконтакте по адресу: https://vk.com/dev
2. Язык программирования Python 3.6
3. Библиотека requests для HTTP запросов в Python
4. Встроенный модуль Collections для языка программирования Python

API Вконтакте - это интерфейс, который позволяет получать информацию из базы данных vk.com с использованием http-запросов к серверу социальной сети. Синтаксис запросов и тип возвращаемых ими данных строго определены на стороне сервера.

Для получения необходимой информации из профиля пользователя использовались методы (API) Вконтакте указанные в таблице - 1.

Таблица - 1. **Методы API Вктонтакте**

Метод	Ключевой параметр	Результат
groups.get - возвращает список сообществ указанного пользователя.	user_id - идентификатор пользователя, информацию о сообществах которого требуется получить.	Метод возвращает объект, содержащий число результатов в поле count и массив идентификаторов сообщества в поле items.
groups.getByid - возвращает информацию о заданном сообществе или о нескольких сообществах.	group_id - идентификатор или короткое имя сообщества.	Возвращает массив **объектов**, описывающих сообщества.
utils.resolveScreenName - определяет тип объекта (пользователь, сообщество, приложение) и его идентификатор по короткому имени screen_name.	screen_name - короткое имя пользователя, группы или приложения.	После успешного выполнения возвращает объект, который содержит следующие поля: 1. Type - тип объекта. Возможные значения (user, group, application). 2. object_id - идентификатор объекта.
friends.get - возвращает список идентификаторов друзей пользователя или расширенную информацию о друзьях пользователя (при использовании параметра fields)	user_id - идентификатор пользователя, для которого необходимо получить список друзей. Если параметр не задан, то считается, что он равен идентификатору текущего пользователя (справедливо для вызова с передачей **access_token**).	После успешного выполнения возвращает список идентификаторов (**id**) друзей пользователя. При использовании параметра **fields** возвращает список объектов пользователей, но не более 5000.

Для анализа и сортировки полученных значений были использован простой алгоритм для определения медианы. Центральную тенденцию данных можно рассматривать не только, как значение с нулевым суммарным отклонением или максимальную частоту, но и как некоторую отметку, делящую ранжированные данные (отсортированные по возрастанию или убыванию) на две равные части, в таком случае первая половина исходных данных меньше данной отметки, вторая половина больше по значению, данное значение является медианой.

Медиана, как и среднее значение, необходима для определения типичного значения в наборе данных. В общем случае для нахождения медианы, данные нужно расположить в порядке возрастания или убывания. В случае если выявлено чётное число элементов, медиана может быть не определена однозначно: для числовых чаще используют полсуммы двух соседних значений.

Для практической реализации вычисления медианного значения был использован встроенный модуль collections для Python. Модуль collections предоставляет специализированные типы данных, на основе словарей, кортежей, множеств и списков. Из типов данных модуля collections был использован тип данных Counter. Вид словаря collections.Counter позволяет считать количество неизменяемых объектов. Пример использования модуля указан на рисунке - 1.

```
>>> import collections
>>> c = collections.Counter()
>>> for heading in ['spam', 'music', 'programming', 'Books', 'Books', 'Books']:
        c[heading] += 1


>>> print(c)
Counter({'Books': 3, 'spam': 1, 'music': 1, 'programming': 1})
>>> print(c ['Books'])
3
>>>
```

Рис. 1. Пример использования словаря Counter

Для определения частоты элементов, расположенных в словаре, используется метод most_common([n]). Данный метод возвращает n наиболее часто встречающихся элементов, в порядке убывания встречаемости. В случае если n не указано, будут возвращены все элементы.

Применение инструмента к случайной выборке пользователей ВКонтакте из списка друзей.

Для построения исходного набора данных был произведен сбор данных пользователей с разными демографическими атрибутами в случайном порядке. Были проанализированы профили 10 пользователей, результаты указаны в таблице - 2. Результаты точности могут меняться в зависимости от объема подаваемых на вход данных.

Таблица - 2. **Результаты точности атрибутов**

Атрибут	**Точность в процентах**
Соотношение мужчин и женщин	95%
Предполагаемый пол	70%
Предполагаемый возраст	80%
Возможный город	90%
Возможные увлечения	90%

В результате обработки инструмент генерирует отчет с подробной информацией, указанной ниже:

1. Данные друзей пользователя (ФИО, идентификатор пользователя, дата рождения, возраст, пол, город, мобильный телефон)
2. Количество представителей полов в друзьях у пользователя
3. Предположительный пол владельца таргетированного профиля на основе анализа соотношения представителей разного пола в друзьях
4. Предполагаемый возраст на основе среднего значения возраста друзей
5. Предполагаемый город на основе часто встречающихся городов у друзей

На рисунке - 2 представлен экземпляр отчета сформированный после таргетированного выбора одного из друзей в социальной сети ВКонтакте. В качестве таргетированного профиля был выбран профиль знакомого человека, с которым ранее познакомились на курсах по программированию. Отчёт показывает достаточно хороший результат, следует отметить атрибут возможных увлечений и возможный город.

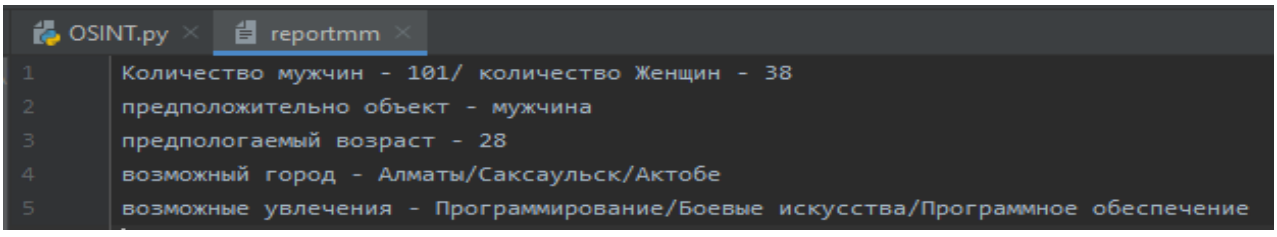


Рис. 2. Экземпляр отчета

Было установлено, что уровень ложных результатов и ошибок зависит также от настроек приватности страницы пользователей в социальной сети. Наличие в списке друзей профиля поддельных аккаунтов или профилей с неполными или некорректными анкетными данными ухудшает точность полученных результатов. Однако в случае высокой интеграции аккаунта в дружеские связи и сообщества инструмент выдает наиболее верные атрибуты для идентификации.

Заключение

В рамках данного исследования был рассмотрен метод анализа демографических атрибутов. Был протестирован инструмент для разведки на основе открытых источников. Рассмотрены методы получения исходных данных путем обращения к интерфейсу программирования социальной сети. Полученные результаты подтверждают корректность работы инструмента и достоверность результатов со средним значением 85%. Метод может быть использован в качестве одного из элементов для системы мониторинга и сбора данных из социальных сетей. Данный метод и инструмент могут быть также полезны для набора определенных датасетов с целью последующего анализа.

Работа выполнена в рамках проекта «Разработка моделей, алгоритмов семантического анализа веб-контента для определения экстремистской направленности и создание инструментария кибер-криминалистики», IRN AP06851248, договор №4, финансирование осуществлено Министерством цифрового развития, оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан.

ЛИТЕРАТУРА

[1] VK Statistics and Facts (2020) | By the Numbers. Режим доступа: https://expandedramblings.com/index.php/vk-statistics-facts/ — Загл. с экрана. — Яз. анг. (дата обращения: 01.07.2020).

[2] В Казахстане открылось представительство ВКонтакте. Режим доступа: https://vk.com/press/kazakhstan-start — Загл. с экрана. — Яз. рус. (дата обращения: 01.07.2020).

[3] Cresci S., Di Pietro R., Petrocchi M., Spognardi A., Tesconi M., Fame for sale: Efficient detection of fake Twitter followers. [Текст]. / Decision Support Systems — 2015

[4] Ferrara E., Varol O., Davis C., Menczer F., and Flammini A., The Rise of Social Bots. [Текст]. / Communications of the ACM — 2016

[5] Facebook shares drop on news of fake accounts. Режим доступа: https://www.cbc.ca/news/technology/facebook-shares-drop-on-news-of-fake-accounts-1.1177067 — Загл. с экрана. — Яз. анг. (дата обращения: 01.07.2020).

[6] Ripeanu, K. Beznosov, and E. Santos-Neto, “Thwart-ing fake osn accounts by predicting their victims,” inProceedings ofthe 8th ACM Workshop on Artificial Intelligence and Security. [Текст]. /ACM — 2015

[7] Facebook Publishes Enforcement Numbers for the First Time. Режим доступа: https://about.fb.com/news/2018/05/enforcement-numbers/ — Загл. с экрана. — Яз. анг. (дата обращения: 01.07.2020).

[8] Чесноков В.О., Применение алгоритма выделения сообществ в информационном противоборстве в социальных сетях. [Текст]. / Вопросы кибербезопасности No1(19) — 2017

Мусиралиева Ш.Ж., Айдын М.Е., Оспанов Р. Қ.

Әлеуметтік желідегі достық байланыс және демографикалық атрибуттарға негізделген пайдаланушыны анықтау әдісі

Түйіндеме: Бүгінгі таңда әлеуметтік желілер көптеген ақпаратқа қол жеткізуге арналған алаң болып табылады. Пайдалы ақпаратты қоспағанда, әлеуметтік заңсыз әрекеттер үшін ыңғайлы алаңға айналды. Күдікті әрекеттер көбінесе әлеуметтік желілерде қауіптерді анықтау және талдау жүйелерінің жоқтығымен байланысты. Бұл мақалада пайдаланушы профиліндегі ақпаратты талдау тәсілдеріне қысқаша шолу жасалды. Ашық деректерге негізделген барлау әдістері және әлеуметтік желінің бағдарламалау интерфейсінің әдістері қарастырылған. Достық қарым қатынас пен қосымша атрибуттар деректерін талдау негізінде профиль пайдаланушысын анықтау әдісі сыналды.

Түйінді сөздер: әлеуметтік желі, Вконтакте, деректерді талдау, OSINT, виртуалды байланыстар

UTC: 62:004.9
УОК: 62:004.9

D. Mukhammedzhanova
(Information Systems, Almaty University of Energy and Communications, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: dinargul_97@mail.ru)

PERSONAL DATA PROTECTION IN INFORMATION SYSTEMS BY METHOD OF DE-IDENTIFICATION

Abstract. The rapid development of computer technology has led to the expansion of personal data storage capacity. The vast amount of information that governments and businesses collect from individuals has become a cause for concern. The collection of personal data violates human rights, especially if it violates confidentiality or the right to control information about yourself; there is disclosure of personal facts; and the information can be used in a way that

puts the person in a bad light or in the event of identity theft. Therefore, the method of collecting personal data, its use and security require the protection of citizens. Over the years, laws have been passed to protect privacy, but they have not been enough. This article discusses the concept of depersonalization as an alternative method of presenting and protecting personal information. It is based on the argument that available legal protection is not sufficient to address privacy concerns.

Keywords: data security, personal data, depersonalization, de-identification, legal protection.

Д. Мухамеджанова

АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЖЕКЕ ДЕРЕКТЕРДІ ИЕСІЗДЕНДІРУ ӘДІСІМЕН ҚОРҒАУ

Аңдатпа. Компьютерлік технологияның қарқынды дамуы жеке деректерді сақтау сыйымдылығының кеңеюіне әкелді. Үкімет пен кәсіпорындар жеке тұлғалардан жинайтын ақпараттың үлкен көлемі алаңдаушылық тудырды. Жеке деректерді жинау адам құқығын бұзады, әсіресе егер ол құпиялылықты немесе өзі туралы ақпаратты бақылау құқығын бұзса; жеке фактілерді ашу бар; және ақпаратты адам нашар жарықта немесе жеке деректерді ұрлаған жағдайда қолдануға болады. Демек, жеке деректерді жинау әдісі, оларды пайдалану және қауіпсіздік азаматтарды қорғауды қажет етеді. Соңғы жылдары жеке өмірді қорғауға бағытталған заңдар қабылданды, бірақ олар жеткіліксіз болды. Бұл мақалада жеке ақпаратты ұсыну мен қорғаудың балама әдісі ретінде иесіздендіру тұжырымдамасы қарастырылады. Ол құпиялылық мәселелерін шешу үшін қол жетімді құқықтық қорғау жеткіліксіз деген дәлелге негізделген.

Түйін сөздер: деректердің қауіпсіздігі, жеке мәліметтер, иесіздендіру, иесіздендіру, құқықтық қорғау.

1. Кіріспе

Жалпы ақпараттандыру процестерінің дамуымен, бүкіл халыққа қызмет көрсетуге бағытталған жаңа ақпараттық жүйелердің құрылуымен және қолданыстағы ақпараттық жүйелердің интеграциясымен қазіргі уақытта жеке деректерді өңдеуді ұйымдастыруға көбірек көңіл бөлінуде. Әрқайсысының жеке деректері маңызды және зерттеу нәтижесінде жиналады. Үкіметтер оларды өз бағдарламаларын бағалау үшін немесе мәліметтер базасында, мысалы, құқық қорғау органдарында және әлеуметтік қамсыздандыру жүйесінде пайдалану үшін жинайды. Компаниялар бұл деректердің тұтынушылары болып табылады, өйткені олар бірнеше операциялардың сәттілігі үшін өте маңызды, өйткені олар әдеттерді, қалауларды, сондай-ақ нарықты дамытуға және өнімдер мен қызметтерді сатуға көмектесетін жеке әрекеттердің басқа модельдерін тіркейді. Компьютерлер мен Интернет жеке ақпаратты жинау, сақтау және ұйымдастырудың тиімді және жылдам әдістеріне жол ашты. 1970 жылдардан бастап компьютерлік деректер банктерінің немесе мәліметтер базасының саны таңқаларлық болды. Әлеуметтік қамсыздандыру Әкімшілігінің, Құқық қорғау органдарының, медициналық ақпараттық бюроның, қылмыстық сот төрелігінің Мемлекеттік жүйелерінің, муниципалды деректер жүйелерінің, несие карталарын шығаратын компаниялардың, телефон компанияларының және жақында Google, Facebook, Yandex және тағы басқалардың дерекқорлары бар.

Бұл мақалада жеке деректерді жинаудың тиімді әдісі ретінде иесіздендіру қарастырылады, онда құпиялылық әлі де қорғалады. Иесіздендірудің сипаттамасы мен талдауы статистикалық зерттеулерде үкіметтер мен бизнестің қажеттіліктеріне кедергі келтірмейтін құпиялылықты қорғаудың осындай деңгейін қамтамасыз ете алатын берік негізді ашады. Бұл деректер маңызды және статистикалық мақсаттар үшін жиналады. Үкіметтер оларды өз бағдарламаларын бағалау үшін жинайды немесе оларды әртүрлі салалардағы мәліметтер базасы ретінде пайдаланады. Компаниялар-бұл бірнеше операциялардың сәттілігі үшін өте маңызды осы деректерді тұтынушылар. Олар әдетте, өнімдер мен қызметтерді дамытуға, сатуға және сатуға көмектесетін жеке іс-әрекеттің басқа модельдерін жазады. Компьютерлер мен Интернет жеке ақпаратты жинау, сақтау және ұйымдастырудың тиімді және жылдам әдістеріне жол ашты.

2. Жеке деректерді құқықтық қорғау

Біздің елімізде жеке деректерді қорғауға қойылатын талаптар пайда болғаннан кейін, мұндай талаптарды айналып өту немесе азайту жолдары бірден пайда болды, ал жеке деректерді иесіздендіру дәл осындай тәсілдердің біріне айналды. Бастапқыда жеке деректерді иесіздендіру операторға дербес деректердің қауіпсіздігін қамтамасыз етудің қолданылатын шаралары мен әдістері туралы шешім қабылдауға мүмкіндік берді, реттеушілердің нормативтік құжаттарындағы келесі өзгерістерден кейін жеке деректерді иесіздендіру мұндай деректерді өңдеуге қойылатын талаптарды едәуір төмендете

бастады, нәтижесінде оларды қорғау жүйесінің құны. Соңғы уақытқа дейін иесіздендіру мәселелері үнемі талқыланып, қызу пікірталастардың тақырыбы болды, бірақ 2013 жылдың мамырында. Қазақстан Республикасының Заңында Жеке деректерді иесіздендіру бойынша талаптар мен әдістерді бекіткен бұйрық шығарылды, бұл мәселе бойынша өз ұстанымын анықтады. Осылайша, иесіздендірілген мәліметтерге қатысты қорғаудың ұйымдастырушылық және техникалық шараларын қолданбауға мүмкіндік беретін ауыртпалықтарды азайту әдістемесі ұсынылды. Бүгінгі таңда жеке деректерді өңдеуге қойылатын талаптар қорғаныс шараларын икемді түрде таңдауға мүмкіндік береді [1].

Жеке деректерді іріктемейтін жинаудан құқықтық қорғаудың негізі ҚР 25.06.20 ж. № 347-VI Заңы болып табылады, 7-бап. Жеке деректерді жинау, өңдеу шарттары, онда келесі принциптер, атап айтқанда:

1. Дербес деректерді жинауды, өңдеуді, осы Заңның 9-бабында көзделген жағдайларды қоспағанда, меншік иесі және (немесе) оператор, сондай-ақ үшінші тұлға субъектінің немесе оның заңды өкілінің келісімімен уәкілетті орган айқындайтын тәртіппен жүзеге асырады.

2. Қайтыс болған (сот хабар-ошарсыз кетті деп таныған немесе қайтыс болды деп жариялаған) субъектінің дербес деректерін жинау, өңдеу Қазақстан Республикасының заңнамасына сәйкес жүзеге асырылады.

3. Дербес деректерді қамтитын электрондық ақпараттық ресурстарда дербес деректерді жинау, өңдеу ерекшеліктері осы Заңның ережелері ескеріле отырып, Қазақстан Республикасының Ақпараттандыру туралы заңнамасына сәйкес белгіленеді.

20.06.25. № 347-VI ҚР Заңымен 4, 5-тармақтармен толықтырылды

4. Жеке деректерді өңдеу нақты, алдын-ала анықталған және заңды мақсаттарға қол жеткізумен шектелуі керек. Дербес деректерді жинау мақсаттарымен үйлеспейтін дербес деректерді өңдеуге жол берілмейді.

5. Мазмұны мен көлемі оларды өңдеу мақсаттарына қатысты артық болып табылатын дербес деректер өңдеуге жатпайды [1].

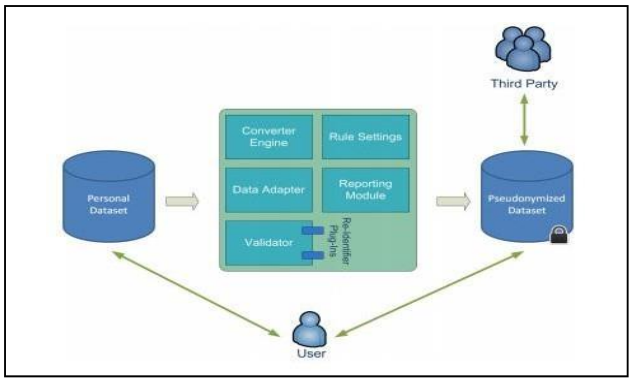
Сондай-ақ, жеке деректерді иесіздендіру әдісіне келесі талаптар қойылды:

1. Статистикалық, әлеуметтік, ғылыми, маркетингтік зерттеулер жүргізу үшін дербес деректерді жинау, өңдеу кезінде меншік иесі және (немесе) оператор, сондай-ақ дербес деректерді беретін үшінші тұлға дербес деректерді жинау, өңдеу қағидаларына сәйкес оларды иесіздендіруге міндетті.

2. Мемлекеттік органдардың функцияларын іске асыру мақсатында деректерді талдауды жүзеге асыру үшін дербес деректерді жинау, өңдеу кезінде дербес деректерді иесіздендіруді ақпараттандыру саласындағы уәкілетті орган бекітетін мемлекеттік органдардың функцияларын іске асыру мақсатында деректерді талдауды жүзеге асыру үшін электрондық ақпараттық ресурстарды жинау, өңдеу, сақтау, беру жөніндегі қағидаларға сәйкес "электрондық үкіметтің" ақпараттық-коммуникациялық инфрақұрылымының операторы жүзеге асырады., жеке деректерді иесіздендіруді меншік иесі және (немесе) оператор жүргізген кезде [2].

3. Иесіздендіру.

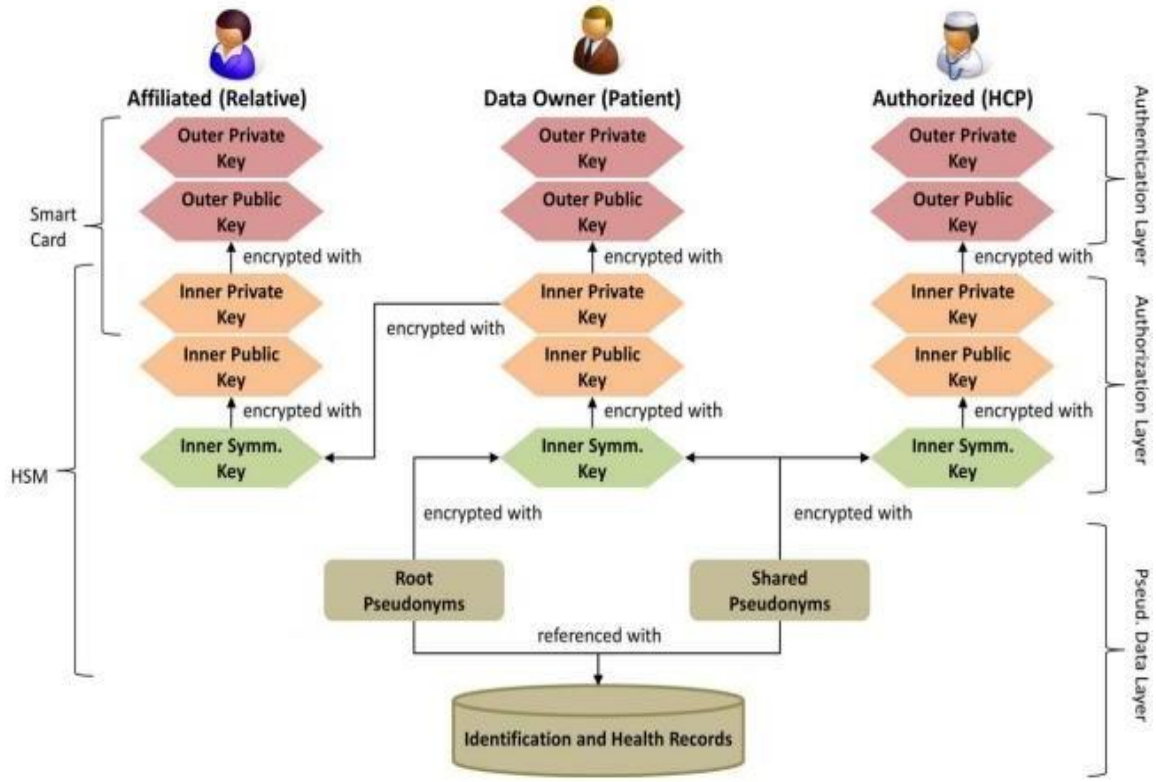
Иесіздендіру-бұл зерттеушілерге тиімді болу немесе мақсаттарға жету үшін жеке деректер субъектілерінің жеке деректері қажет емес деген қағидаға негізделген жеке деректерді жинау тұжырымдамасы, өйткені заңды зерттеулер тек статистикалық қол жетімділікті қажет етеді. Қазіргі уақытта иесіздендірудің көптеген әдістері жасалды. Ең дұрысы, иесіздендіру деректер тақырыбын толығымен анонимді етеді. Алайда, бұған көптеген қосымшаларда қол жеткізу мүмкін емес, сондықтан өзгертілген иесіздендіру туралы айтылған анықтама ұсынылды қалай "жеке деректерді өзгерту жеке немесе материалдық деректерге қатысты ақпарат жағдайлар енді мүмкін емес немесе тек өзімен бірге уақыттың, шығындар мен еңбектің пропорционалды емес көп мөлшері сәйкестендірілген немесе сәйкестендірілген адамға қатысты" [3]. Бұл анықтама Германияның деректерді қорғау туралы инновациялық Федералды заңында бар, ол қазірдің өзінде практикалық иесіздендірудің синониміне айналды. Мұны нақты қосымшаларда көрсету үшін, бұл мақалада Равассизаде жасаған жеңілдетілген деректерді қорғау жүйесі келтірілген, ол иесіздендіру қалай жұмыс істейтіні туралы түсінік бере алатын жұмыс құрылымын қамтамасыз етеді [4]. Архитектураға байланысты пайдаланушы жүйеге деректерді енгізеді, ол жеке ақпарат жарияланғанға немесе үшінші тұлғаларға берілместен бұрын бүркеншік атаудың бірнеше кезеңдерін қамтиды.



Сурет 1. Жеңілдетілген деректерді қорғау жүйесінің тұжырымдамалық негізі

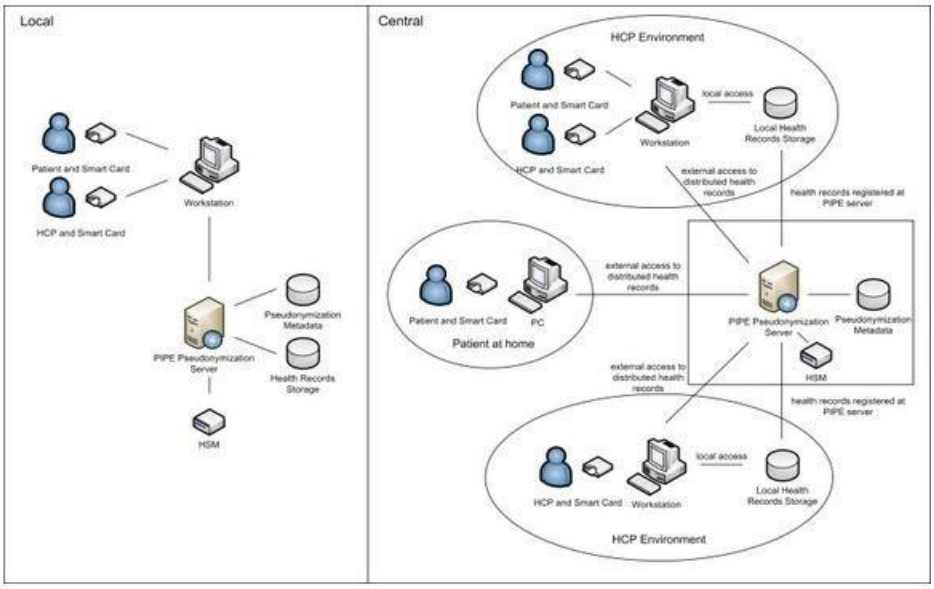
Neubauer және Heurex (2011) Денсаулық сақтау мекемелерінде пайдалану үшін медициналық деректерді иесіздендіру немесе псевдонимизациялау жүйесін ұсынған кезде қосымша нақты қосымшаларды ұсынды. Қосымша "электрондық денсаулық сақтаудағы құпиялылық туралы ақпаратты жалған атау" деп аталады, оның мақсаты "бақыланатын анонимділікті"қамтамасыз ету болып табылады [5]. Ол үш деңгейден тұратын логикалық көп деңгейлі корпус моделіне жету үшін симметриялы және асимметриялық криптографиялық кілттердің тіркесімін қолдана отырып жұмыс істейді (сурет. 2).

3-суретте көрсетілген модель бірнеше денсаулық сақтау сценарийлерінде қолданылады.



Сурет 2. Электрондық денсаулық сақтау саласындағы құпиялылық туралы ақпаратты иесіздендіру моделі

Ұсынылған жақтау үлгілеріне сүйене отырып, иесіздендіру жүйесінің қалай жұмыс істейтіні және деректердің қалай сақталатыны, қызмет көрсетілетіні және қорғалуы айқын болады. Оны қабылдау қосымша қосымшаны орнатуға әкеледі, бірақ жеке деректерді жинау әдістері туралы этикалық және құқықтық мәселелерді тиімді шешеді.



Сурет 3. Электрондық денсаулық сақтау саласындағы құпиялылыққа ақпаратты иесіздендіруді қолдануға шолу.

4. Міндеттер мен болашақ тенденциялар

Иесіздендіру, әрине, мінсіз емес. Бұл әдіс және онымен байланысты қосымшалар әлі де қауіп-қатерлермен байланысты, өйткені оның анонимділігі абсолютті емес. Бұл тұжырымдама анықтамасының өзгеруімен бұрын айтылған. Вагнер жазғандай, деректерді нақты иесіздендіру олардың ақпараттық мазмұнын арттыру және нәтижені адамдардың жеке басына байланыстыру үшін әртүрлі жазбаларды байланыстыру тәжірибесімен әлсірейді [6]. Ньюман сонымен бірге иесіздендіру әдісі теріс қылық жасауға, адамның бастамасын төмендетуге және есеп беру принципін бұзуға, сондай-ақ процесте этикалық мінез-құлық сезімін бұзуға әкелуі мүмкін деп мәлімдеді [7].

Анонимді адамдарды "қайта анықтаудың" қол жетімді әдістері сияқты қауіптер бар, бірақ бұл процесс, әдетте, уақыт пен ресурстарды қажет етеді, бұл мүмкін емес болады. Сондай-ақ, қайта сәйкестендіру қаупін болдырмайтын механизмдер мен қосымшалар бар. Бұл әсіресе осы саладағы болашақ жұмыс тұрғысынан маңызды. Кез-келген басқа технология сияқты, ол тез дамып, мүмкіндіктерді жаңартады, сондықтан күрделі және тиімді модельдер үшін әлеует бар.

5. Қорытынды

Жалпы, иесіздендіру – бұл үкіметтер мен кәсіпорындардан жеке деректерді жинаудың үлкен мүмкіндіктері аясында жеке деректердің құпиялылығына байланысты мәселелерді тиімді және өміршең шешу. Бұл техникалық мәселенің техникалық шешімі. Бұл мәселе жеке өмірді қорғау туралы қабылданған заңдардың тиімсіздігін көрсетеді. Шын мәнінде, бұл шешімді қабылдау мағынасы бар, өйткені ол мәселені басынан бастап шешеді: мақсатты деректердің сәйкестендіру деректері жасырылған және статистикалық ақпарат қол жетімді. Ол құпиялылық мәселелерін шешеді және үкіметтер мен кәсіпорындар біздің қажеттіліктерімізге сәйкес келетін өнімдер мен қызметтерді ұсына алатындай етіп деректердің қажеттілігін қанағаттандырады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Қазақстан Республикасының Заңы - "Дербес деректер және оларды қорғау туралы" (03.07.2020 ж.)

[2] Қазақстан Республикасының ақпараттық қауіпсіздік саласындағы заңнамасына шолу. 2-бөлім: жеке мәліметтер және оларды қорғау.

[3] Симон Фишер-Хюбнер және Г. Фишера-Хюбнер, "IT-қауіпсіздік және құпиялылық:жобалау және пайдалану қауіпсіздік тетіктері" 1958 шығарылым. Берлин: Көктем, 2001.

[4] Rawassizadeh, R., Heurix, J. Khosravipour, S. және Tjoa, A Min. "LiDSec: мәтіндік жеке ақпаратты псевдонимдеудің оңай тәсілі". Вена: Вена технологиялық университеті.

[5] Нойбауэр, Томас және Эрикс, Йоханнес. "Медициналық деректерді псевдонимизациялау әдістемесі". Халықаралық медициналық информатика журналы, 80 (2011), 190-204.

[6] Вагнер, Герт. "Автономды ұйым (Халықаралық) Ғылыми Қоғамдастық Деректерді Жеңілдетеді Әлеуметтік ғылымдар саласындағы қорғау және көтермелеу Қайта талдау."Экономика: пікірталас құжаты N. 249, 2001.

[7] Нойман, Питер. "Компьютерлік технологияларды пайдалану кезіндегі тәуекелдерді қарастыру". ACM SIGSAC Review, 6.2 (1988), 2-4.

[8] Конрад, Эрик. Мизенар, Сет. және Фельдман, Джошуа."CISSP оқу құралы". Waltham, MA: Newnes, 2012.

[9] Хильдебрандт, Мирей және Гуттвирт, Серж. "Еуропалық азаматты профильдеу: пәнаралық перспективалар". Берлин: Көктем, 2008.

[10] Клюге, Эке. "НС электрондық жазбаларын қорғаудың кәсіби кодекстері: этикалық, құқықтық, экономикалық және құрылымдық мәселелер."Халықаралық медициналық информатика журналы, 2.1 (2000): 85-96.

[11] Сзето, М. және Мири, А. " пайдалануды талдау құпиялылық-электрондық бизнес моделінің B2C-де Pipeda, Канада сәйкестігіне қол жеткізу мақсатында технологияны жетілдіру."Сегізінші Дүниежүзілік бизнесті басқару конгресі, 2007.

[12] Столбов а. п., Кузнецов п. п. денсаулық жағдайы туралы дербес деректерді пайдалануды ұйымдастырудың қазіргі заманғы модельдері // денсаулық сақтаудағы стандарттау мәселелері. – 2010. – № 1–2. – Б. 19-24.

[13] Рябко с. д. жеке деректерді иесіздендіру туралы / / ақпараттық қауіпсіздік. – 2009. – № 5. – www.itsec.ru/articles2/bypub/insec 5–2009.

[14] ГОСТ Р 55036-2012 / ISO / TS25237: 2008 денсаулықты ақпараттандыру. Псевдонимизациялау.

[15] ГОСТ Р ИСО/ МЭК 27038-2016 / ISO / IEC27038:2014. Ақпараттық технологиялар. Қауіпсіздікті қамтамасыз ету әдістері. Электрондық цензуралаудың талаптары мен әдістері.

Мухамеджанова Д.

Защита персональных данных в информационных системах методом обезличивания.

Ключевые слова: безопасность данных, персональные данные, обезличивание, деидентификация, правовая защита.

УДК 625.42

A. Nurlanbek, Ye. Sultankulov, A. Toigozhinova, Zh. Kaliyev,
(Kazakh Academy of transport and communication named after M. Tynyshpaev,
Almaty, Kazakhstan. E-mail: a.nurlanbek@kazatk.kz)

CONTROL OF MOVEMENT OF TRAINS OF METROPOLITAN OF ALMATY CITY

Abstract. Metropolitan is the main kind of urban passenger transport and the most perspective kind of rail transport in big cities with heavy traffic. The automatic train control system (ATC) for Almaty metro trains (line 1) is designed so that, working as a system of logic blocks, it allows you to observe and control the movement of the train. The automatic train control system (ATC) consists of three main components: control, track equipment, and on-Board equipment.

Key words: automation, metro, train movement, man-machine interface, automatic train control system.

А.Д. Нұрланбек, Е.К. Султанкулов, А.Ж. Тойгожинова, Ж.Ж. Калиев
(Казахская академия транспорта и коммуникаций имени М.Тынышпаева,
Алматы, Казахстан. E-mail: a.nurlanbek@kazatk.kz)

УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ГОРОДА АЛМАТЫ

Аннотация. Метрополитен является основным видом городского пассажирского транспорта и наиболее перспективным видом рельсового транспорта больших городов с интенсивным движением. Система автоматического контроля поездов (АТС), для поездов метро Алматы (линия 1), спроектирована так, что, работая как система логических блоков, позволяет наблюдать и осуществлять контроль над движением поезда. Система автоматического контроля поездов (АТС) состоит из трех основных составляющих: управление, путевого оборудования и бортового оборудования.

Ключевые слова: автоматизация, метрополитен, движение поезда, интерфейс человек-машина, система автоматического контроля поездов.

Алматы – быстроразвивающийся мегаполис, население которого вырастет более чем на полмиллиона жителей в ближайшие 20 лет (1,7 миллиона в 2016 году и 2,2 миллиона в 2040 году соответственно). Общественный транспорт является одной из важнейших составляющих жизни городов. А если он обеспечивает удобное, чистое и безопасное передвижение с минимальным количеством выбросов и по приемлемым ценам, то такой общественный транспорт становится ежедневным и незаменимым атрибутом жизни тысяч людей. С 2011 года действует система Алматинского метрополитена, которая включает одну ветку метро. Метрополитены являются основной составляющей частью общественного пассажирского транспорта крупных городов. Доля устойчивых видов передвижений в Алматы выросла с 43% до 59% (рис.1.), в первую очередь, благодаря вводу в строй 7 станций метрополитена в конце 2011 года и дополнительных двух станций в 2015 году [1].

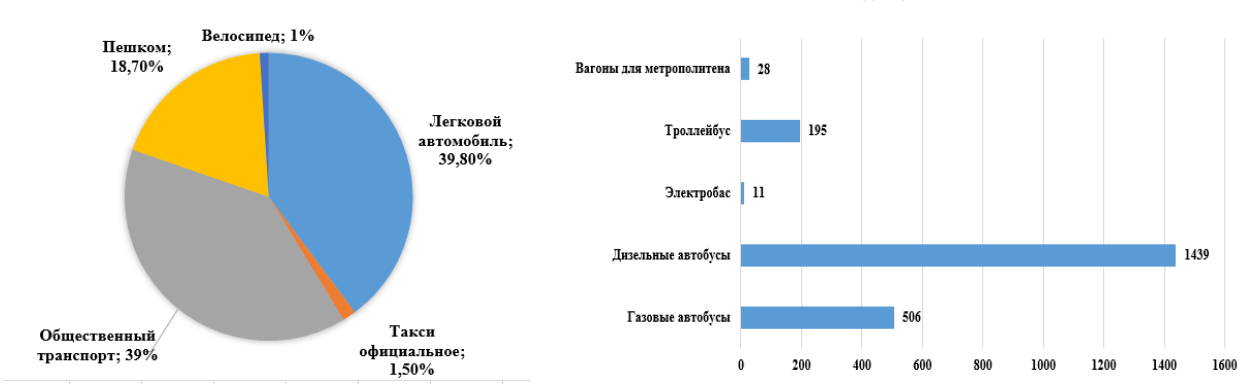


Рис. 1. Виды передвижения в городе Алматы

Система автоматического контроля поездов (АТС - Automatic train control), для поездов метро Алматы (линия 1), спроектирована так, что, работая как система логических блоков, позволяет наблюдать и осуществлять контроль над движением поезда. Система автоматического контроля поездов (АТС) состоит из трех основных составляющих: управление, путевого оборудования и бортового оборудования.

Оборудование управления дает оператору возможность осуществлять наблюдение за поездом без участия человека, возможность для управления процессом всей системы производительности и поездом, обеспечивает возможность выполнять команды по переключению железнодорожной линии.

Путевое оборудование обеспечивает возможность управления и безопасного разделения поезда, а также мониторинг переключения линий.

Бортовое оборудование обеспечивает возможность защиты при движении поезда с участием человека и управлению поездом без его участия.

До начала движения поездов происходит проверка путей. Запись об установке происходит при помощи– MMI (Man machine interface). Оператор дает указание о начале работы консоли MMI, который осуществляет автоматическую проверку. Просмотр происходит в установленное время каждый день. Оператор подтверждает осуществление проверки каждой станции и общей проверки всех станций. На рисунке 2 показан алгоритм проверки станции. После автоматической установки пути на ТСС и сохранения записей, все отображается на экране MMI. Оператор может остановить автоматическую проверку пути.

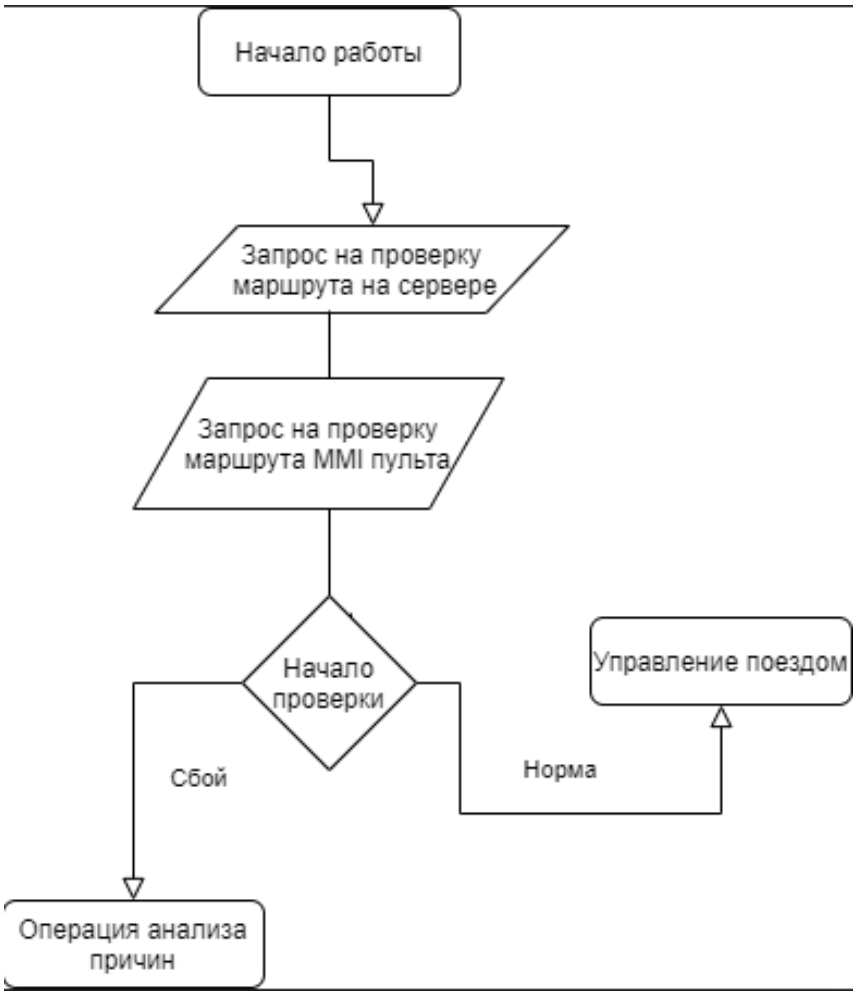


Рис. 2. Алгоритм проверки

Оборудование интерфейса человек-машина (MMI) устанавливается в кабине водителя единым блоком. Прием и передача данных осуществляется посредством отдельного канала связи и системы автоматического оповещения на базе двойной (дублированной) системы. Все данные о состоянии транспортного средства отображаются на экране. Управление осуществляется на базе сенсорной ЖК-панели.

ЧМИ (MMI) посредством CAN (Controller Area Network - локальной сетью контроллеров) связывается с бортовыми (намашинными) устройствами дублированной системы и осуществляет интерфейс с интервалами 200 мсек.

Таблица 1. **Основные функции ЧМИ/MMI**

Функции	Описание
Отражение состояния движения	Отражает на дисплее состояние движения транспортного средства
Отражение состояния связи	Отражает на дисплее состояние взаимодействия между всеми устройствами
Отображение записи движения	Записывает состояние движения и отображает уведомительные сообщения
Контроль входа в систему	Сохраняет и управляет состояние движения, состояние передачи данных и сообщения.
Контроль над системой	Настраивает параметры системы, поддерживает и управляет программным обеспечением

Наблюдение за движением поезда осуществляется при помощи диспетчерского оборудования и сигнального оборудования, установленного на поверхности земли, беспроводного оборудования и оборудования, установленного на крыше поезда.

Датчик определения местоположения используется для уточнения места остановки поезда в соответствии с сигнальным оборудованием. Датчик определения местоположения используется для проверки (сверки) места остановки поезда с машинного сигнального оборудования СВТС технологии связи в последнее время является способом, реализующим систему на основе двусторонней беспроводной связи между бортовыми и путевыми устройствами. Также этот способ позволяет отслеживать местонахождение поезда, посредством подачи/получения сигналов из места нахождения поезда в режиме реального времени на основе беспроводной связи между поездом и путевыми сигнальными устройствами [2,3,6].

Датчик определения местоположения срабатывает тогда, когда обнаруживается специальная металлическая пластина сигнальной системы в диапазоне обнаружения, на расстоянии более 50 мм. Системы управления и система автоматического обеспечения безопасности движения поезда контролирует работу данного датчика. Дополнительным устройством для контроля над поездом являются датчики, установленные по одному на каждом машинном сигнальном оборудовании (СВТС).

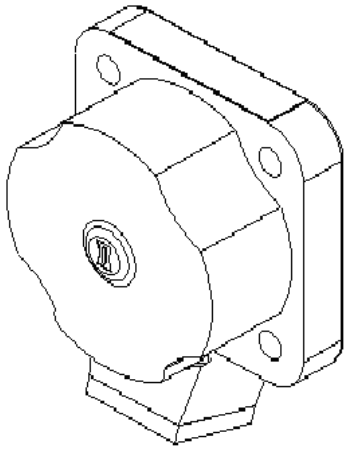


Рис. 31. Датчик скорости

Датчик скорости излучает импульс необходимый для определения скорости поезда. Обычно датчик скорости, установленный на передней оси электропоезда, имеет 4 независимых выходных канала (рис.3.). В зависимости от оборота колес каждый канал испускает импульс о текущем состоянии, частота излучаемых импульсов увеличивается пропорционально увеличению скорости поезда. Каждый канал датчика скорости, установленный на 4-й оси, в зависимости от оборота колес выдает 24 импульса в формате VDC, в свою очередь частота излучаемых импульсов увеличивается пропорционально увеличению скорости поезда. В случае если максимальный диаметр колеса 860 мм, при скорости 1 км/час излучаемая частота импульсов составляет 20.58 импульсов в секунду.

ЛИТЕРАТУРА

[1] https://alatransit.kz/ru/biblioteka

[2] Нұрланбек А.Д., Калиев Ж.Ж. Обеспечение безопасности движения поездов на базе радиоканала на примере алматинского метрополитена. Материалы Первого Центрально-Азиатского форума «Безопасность на железнодорожном транспорте», г. Алматы, 24-25 октября 2019 года, 87-93 стр.

[3] Султанкулов Н.К., Калиев Ж.Ж. Обеспечение безопасности движения поездов при эксплуатации системы СВТС (беспроводной связи) на Алматинском метрополитене. Труды XVI научно-практической конференции «Безопасность движения поездов», М.: МГУПС (МИИТ), 2015 г., стр. III-15.

[5] Баранов Л.А., Ерофеев Е.В., Мелёшин И.С., Чинь Л.М. Оптимизация управления движением поездов. Учебное пособие/ под редакцией доктора технических наук, профессора Л.А. Баранова. - М.: МИИТ, 2011. - 164 с.

[6] Микропроцессорные системы автоведения электроподвижного состава / Баранов Л.А., Головичер Я.М., Ерофеев Е.В., Максимов В.М.; под ред Л.А. Баранова. -М.: Транспорт, 1990,- с. 272 с.

Нұрланбек А.Д., Сұлтанқұлов Е.Қ., Тойгожинова А.Ж., Калиев Ж.Ж.

Алматы қаласы метрополитен пойыздарының қозғалысын басқару

Түйіндеме. Метрополитен қала ішіндегі жолаушылар көлігінің негізгі түрі болып табылады және қарқынды қозғалысқа ие рельстік көліктің перспективті түрі болып табылады. Алматы метро (1-желі) поездары үшін поездарды автоматты бақылау жүйесі (АТС) логикалық блоктар жүйесі ретінде жұмыс істей отырып, пойыз қозғалысын бақылауға және бақылауды жүзеге асыруға мүмкіндік беретіндей жобаланған. Поездарды автоматты бақылау жүйесі (АТС) үш негізгі құрамнан тұрады: басқару, жол құрылғысы және борттық құрылғылар.

Түйін сөздер: автоматтандыру, метрополитен, пойыз қозғалысы, адам-машина интерфейсі, пойыздарды автоматты бақылау жүйесі.

ӘОЖ 621.315.145

K. Orazbayev, M. Boranbay, Z. Kabassova, D. Abenova, D. Yestayeva, E. Mussina
(Zhezkazgan Baikonurov university, Zhezkazgan, Kazakhstan.
E-mail: kazbek_orazbaev@mail.ru)

STUDY OF INCREASING THE CAPACITY OF OVERHEAD POWER LINES

Abstract. The article explores the possibilities of increasing the conductivity of overhead power lines by replacing single-circuit overhead lines to double-circuit lines and using compact, controlled lines instead of traditional lines.

Key words: single-circuit power line, double-circuit power line, spacer block, phase-changing unit, FACTS, SMART GRID.

Қ.Н. Оразбаев, М.Р. Боранбай, Ж. Қабасова, Д.К. Абенова, Д.Қ. Естаева, Э.Б. Мусина
(Ө.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университеті, Жезқазған, Қазақстан Республикасы
E-mail: kazbek_orazbaev@mail.ru)

АУАЛЫҚ ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ӨТКІЗГІШТІК ҚАБІЛЕТІН ЖОҒАРЫЛАТУ МӘСЕЛЕСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада біртізбекті ауалық электр беріліс желілерін екітізбекті жүйеге ауыстыру және дәстүрлі желілердің орнына ықшам басқарылатын желілерді қолдану арқылы олардың өткізгіштік қабілетін жоғарылату мәселесі зерттелген.

Түйінді сөздер: біртізбекті ауа желілері, екітізбекті ауа желілері, кергіш, фазареттеуші, FACTS құрылғылары, SMART GRID.

Бүгінгі таңда электр энергиясын беру және тарату әдістерін жетілдіру, энергетикалық жүйелердің режимдерін басқару және құрылыс пен эксплуатацияға кететін шығындарды азайту мәселелері маңызды болып табылады.

Қазіргі уақытта қолданылып жүрген электр беріліс желілері өткізгіштік қабілетінің жеткіліксіздігі, басқару жүйесінің толыққанды еместігі, бағасының айтарлықтай жоғары болуы және экологияға кері әсерінің нәтижесінде қажетті талаптарды әрдайым қанағаттандыра бермейді.

Біртізбекті ықшам ауалық электр беріліс желілерінің (АЭБЖ) нұсқалары шектік жоғары өткізгіштік қабілетін, ал екітізбекті және көптізбекті желілер, бұдан бөлек, ауа желісі (АЖ) бойынша берілетін шамаға байланысты минималдыдан шектікке дейінгі аралықтағы реттелетін өткізгіштік қабілетін пайдалануға мүмкіндік береді. Ықшам АЖ қай түрінде болмасын, жаңа да, дәстүрлі де реттеу құрылғыларын қолдану қарастырылады.

Көршілес Ресейде жасалып шығарылған, болашағы зор, ықшам ауалық электр беріліс желілерінің құрылымдық негізінде қарапайым ой жатыр. Егер, араларына қатты кергішті орнату арқылы өткізгіштердің желмен тербелуін болдырмаса, онда қатты жел кезінде өткізгіштердің бір-біріне соқтығысуы салдарынан болатын электрлік тесілуден немесе механикалық зақымдалудан қауіптенбей-ақ, желінің фазаларын бір-біріне қарай айтарлықтай жақындатуға болады. Мұндай кергіштердің үлгілері жасап шығарылған және болашақтағы ықшам ауалық электр беріліс желілерінің жобалары да дайын.

Тағы бір ерекшелік, ықшам АЭБЖ бөлінген фазаларының өткізгіштерінің барлығын бір уақытта орнатпай, іс жүзіндегі жүктеменің артуына қарай фазадағы өткізгіштердің санын біртіндеп жобалық мәнге жеткізуге болады. Сондықтан, ғалымдардың пайымдауынша, жоғары өткізгіштік қабілетке ие ықшам АЭБЖ техника-экономикалық артықшылықтары оларды кең қолданысқа ұсынуға мүмкіндік береді [1].

Ауа желілері үшін дәстүрлі негізгі оқшаулама – ауаны қолданғанда, өткізгіштер мен жердің арасындағы оқшауламалық қашықтықтың қысқаруы, яғни ЭБЖ-лардың ықшамдығының артуына келесі жаңа технологиялар:

- экрандалған және диаметрі ұлғайтылған өткізгіштерді;
- жаңа дәуірдегі беріктігі жоғары полимерлі сызықты оқшаулатқыштарды қолдану;
- бағаналық асқын кернеу шектегіштерін орнату;
- көпқырлы және конустық металл тіректерді пайдалану;
- оқшауланған өткізгіштерді қолдану есебінен қол жеткізіледі.

Аталған жаңа технологияларды қолдану тіректердің өлшемдерін шамамен екі есе кішірейтуге мүмкіндік береді, ол өз кезегінде пайдаланылатын жердің ауданын азайтады.

Біртізбекті және екітізбекті түрде орындалатын ықшам, басқарылатын ауа желілері үшін параметрлерді реттеудің қазіргі заманғы құрылғыларын, соның ішінде фазалық басқару және бойлай-ендік қарымталау құралдарын қолдану тиімді.

Ықшам, басқарылатын, реттеу құрылғыларымен жабдықталған ауа желілерін қолдану, тұтынушыларды үздіксіз электрмен жабдықтауды қамтамасыз етуге арналған белсенді-бейімделмелі тораптарды құру кезіндегі бірқатар проблемаларды шешуге мүмкіндік береді.

Ықшам ауа желілері – электр желілерінің өткізгіштік қабілетінің артуының, пайдаланылатын жер ауданының қысқаруының, реттеу құрылғыларын қолданудың арқасында берілетін қуаттың бірлігіне шаққанда электр энергиясын тасымалдауға кететін шығынның төмендеуіне алып келетін электр тораптарын әрі қарай дамытудың тиімді құралы [2].

Ықшам, екітізбекті ауа желілері жалпы алғанда желі параметрлерінің тек сыртқы реттелуін ғана емес, сондай-ақ ішкі реттелуін (эквиваленттік параметрлердің өзіндік қарымталануы) де жүзеге асыратындай етіп орындалады, ол өз кезегінде жақындастырылған тізбектердің өзара электрмагниттік әсерлесуін өзгерту жолымен іске асырылады. Мұндай қасиетке ие электр беріліс желілері басқарылатын өздігінен қарымталанатын ауа желілері деген атауға ие болды. Олар айнымалы тоқ электр энергиясын тасымалдаудың икемді жүйелері категориясына жатқызыла алады.

Ықшам ауа желілерінің конструкциясын таңдау желінің электрлік параметрлерін фазааралық және желінің қоршап жатқан кеңістіктің электрмагниттік өрісінің параметрлерін өзгерту есебінен реттеу мүмкіндігімен шартталған.

Фазаларды бір-біріне жақындату жолымен желінің ішіндегі электрмагниттік өрісті күшейту ауа желісінің өткізгіштік қабілетін арттыруға және электрлік, техникалық параметрлерін жақсартуға жол ашады. Сыртқы кеңістіктегі электрмагниттік өрістің әлсіреуі ауа желісі жолы бойындағы экологиялық жағдайдың жақсаруына алып келеді. Аралықтағы жақындастырылған фазалардың механикалық тұрақтылығын қамтамасыз ету үшін, әртүрлі оқшауламалық фазааралық элементтер (оқшауламалық кергіштер) қолданылуы мүмкін.

Ықшам ауа желілерінің электрлік параметрлері қалыпты симметриялы жұмыс кезінде өзгеріссіз сақталады. Тізбек фазаларының электрлік параметрлерін теңестіру әр тізбектің ішіндегі фазаларды транспозициялау есебінен жүзеге асады.

Ықшам ауа желілерінде әртүрлі ендік немесе бойлық қарымталау құрылғыларын қолдану жалпы алғанда электрлік берілістің эквиваленттік параметрлерінің өзгеруіне алып келеді, желінің өзіндік параметрлері (индуктивті кедергі, сыйымдылықты өткізгіштік, толқындық кедергі) өзгеріссіз қалады.

Қарастырылып жатқан электр беріліс желілерінің негізгі түрлері келесілер болып табылады:

- ықшам, үшфазалы, біртізбекті ауа желілері;
- ықшам екітізбекті ауа желілері.

Аталған электр беріліс желілері түрлерінің қарапайым желілерден принципиалды айырмашылықтары келесілер [3]:

Ықшам, біртізбекті, үшфазалы айнымалы тоқ ауа желілерінің жаңа конструкцияларының сол кернеу класындағы қарапайым ауа желілерінен айырмашылығы: оларда фазалардың арақашықтығы азайтылған, бөлінген фазалардың конструкциялары, құраушылардың саны мен олардың орналасу конфигурациясы өзгертілген, тіректерде оқшауламалық ілмектердің жаңа типі қолданылған. Осындай

техникалық шешімдердің нәтижесінде желілердің параметрлердің жақсаруы мен өткізгіштік қабілетінің артуы қамтамасыз етіледі.

Ықшам, екітізбекті айнымалы тоқ ауа желілері қарапайым екітізбекті электр беріліс желілерінен, оларда әрбір үшфазалы тізбек жоғары аталып өткен бірфазалы ықшам ауа желісі сияқты ықшам үшфазалы желі түрінде орындалғанымен ерекшеленеді. Екітізбекті де, біртізбекті де ықшам ауа желілерінің режимдік параметрлерін реттеу электр берілістің жеке түйіндерінде орнатылған FACTS типті реттеу құрылғыларының көмегімен жүзеге асырылуы мүмкін. Ықшам, екітізбекті ауа желілерінің үшфазалы тізбектерінің дербес параметрлері жұмыс барысында өзгеріссіз қалады.

Басқарылатын, өздігінен қарымталанатын екітізбекті айнымалы тоқ ауа желілері екі үшфазалы тізбектен тұрады, бірақ қарапайым екітізбекті ауа желілерінен конструктивтік, схемалық және режимдік жағынан айырмашылығы бар. Екітізбекті, басқарылатын, өздігінен қарымталанатын ауа желілері конструкциясының басты ерекшеліктері – оларда екі тізбекті, басқарылатын, өздігінен қарымталанатын ауа желілері үш жұп жақындастырылған фазалардан тұратындай етіп әртүрлі тізбектердің фазаларын жұптап жақындату қабылданған. Әртүрлі тізбектердің жақындастырылған фазалары арасындағы арақашықтық минималды рұқсат етілген мәнге тең етіп қабылданады, ол мән бұл фазаларға түсетін максималды жұмыстық кернеулерді, сондай-ақ коммутациялық және найзағайлық асқын кернеулерді ескере отырып есептеледі. Басқарылатын, өздігінен қарымталанатын әуе желілерінің қалған геометриялық өлшемдері қарапайым ауа желілерінікіндей етіп немесе тіректердің конструкцияларымен шартталған шектеулерді есепке ала отырып кішірейтіліп қабылдануы мүмкін. Әртүрлі тізбектердің фазаларын бір-біріне жақындату айқын көрінетін, ұлғайтылған, тізбектердің өзара электрмагниттік әсерлесуін тудырады, оның таңбасы түсетін кернеу векторларының арасындағы бұрыштық ығысуға, яғни бір тізбек кернеулерінің үшфазалы векторлар жүйесінің басқасына – фазалық кернеуге және ерекше жағдайда – фазааралық кернеуге қатысты бұрыштық ығысуына тәуелді болады [4].

Зерттелінген мәселе бойынша Ө.А. Байқоңыров атындағы Жезқазған университетінің «Еркін ойлау зертханасында» басқарылатын, ықшам ауалық электр беріліс желісінің макеті жасалынды (1-сурет).



1-сурет. Басқарылатын, ықшам ауалық электр беріліс желісінің макеті

Басқарылатын, өздігінен қарымталанатын ауа желілерінде фазареттеуші және басқа да FACTS құрылғыларын пайдалану кез-келген берілген реттеу сипаттамалары бар жоғары өткізгіштік қабілетке ие айнымалы тоқ электр берілісін құруға мүмкіндік береді.

Көп өткізгішті, айнымалы тоқ электр беріліс желілерінің сипатамаларын талдау және тиімдірек әдісті таңдау үшін, олардың өткізгіштік қабілетін барынша жоғарылатуға бағытталған техникалық шешімдерді негіздеу мен басқа да көрсеткіштерін жақсарту үшін теориялық база болып электрмагниттік өріс теориясы және электр беріліс желілерінің негізгі параметрлерінің басты тәуелділіктерін орнатуға және оларды өзгертудің мақсатты тәсілдерін көрсетуге мүмкіндік беретін есептік модельдерді жасау табылады. Жоғары кернеулі электр беріліс желілерінің негізгі параметрлері мен сипаттамалары олардың конструктивті орындалуына, кернеу классына, электрлік жалғану схемаларына, реттеу және басқару құрылғыларының бар болуына және олардың өзара функционалдық әсерлесуіне тәуелді.

Дәстүрлі түрде орындалған ауа желілерімен салыстырғанда, ықшам басқарылатын ауа желілерінің техникалық артықшылықтарын жүзеге асыру желілерді салуға, эксплуатациялауға, электр энергиясын беруге кететін меншікті шығындардың азаюымен, сондай-ақ жалпыжүйелік көрсеткіштердің жақсаруымен байқалатын айтарлықтай техника-экономикалық әсер береді.

Есептеулер көрсеткендей, қарапайым АЭБЖ-лерге қарағанда өлшемдерінің кіші болуымен қоса, ықшам АЭБЖ-лері тағы бір маңызды жаңа сапаға – әр фазадағы өткізгіштердің санын арттыру арқылы және олардың кеңістікте оңтайлы орналасуының арқасында жоғары өткізгіштік қабілетке ие болады. Мысалы, әр фазасында 500 мм^2 көлденең қималы сымы бар 3 өткізгіштен тұратын 500 кВ ауа желісі беретін қуат шамамен 900 МВт болса, әр фазасында 300 мм^2 көлденең қималы сымы бар 10 өткізгіштен тұратын 500 кВ ықшам АЭБЖ-нің өткізу қабілеті 3 есеге артып, 2700 МВт-қа жетеді. Беріктігі жоғары тіректерді қолдану қажеттілігінен және өткізгіштерді монтаждау күрделілігінің артуы салдарынан, қарапайым желілердің бағасымен салыстырғанда өзіндік құн біршама артады, бірақ энергияның рұқсат етілетін шығындары кезінде электр беріліс қашықтығының артуы немесе дәл сол қашықтықта шығындардың азаюы мүмкіндігінің арқасында капитал шығынының қайтымы болады. Дегенмен, егер бастапқыда есептеудің негізіне бірден жоғары тиімділікке жетуді жатқызбасақ, онда өзіндік құнның өсуіне жол бермеуге болады. Осылайша, 330 кВ ықшам АЭБЖ жобалау кезінде, қарапайым 330 кВ АЭБЖ-не қарағанда тура сондай капиталдық шығындар кезінде өткізу қабілеті 70%-ға жоғары болатындығы есептелген [5].

Қарастырылған ықшам, басқарылатын ауа желілері жоғары талаптарға жауап беретін және өндіріске кеңінен енгізуге ұсынылатын, болашағы зор жаңа заманғы электр берілістерге жатады [6].

Электр энергетикасы, соның ішінде электр энергетикалық жүйелер саласындағы ғылыми-зерттеу жұмыстарының қазіргі заманғы тенденцияларын талдай келе, атап өтерлігі, ықшам, басқарылатын ауа желілерінің идеясы дүниежүзінде соңғы онжылдықта қарқынды дамып келе жатқан, SMART GRID, яғни «ақылды торап», «ақылды энергетикалық жүйе» атауына ие болған электр энергиясының түрлену бағытымен тұспа-тұс келді [7]. Бірқатар мамандардың бағалауына, халықаралық конференциялар мен жиындарда талқылануына сүйене отырып, ықшам, басқарылатын ауа желілері техникалық және экономикалық көрсеткіштер бойынша дәстүрлі түрде орындалған электр берілістерден оқ бойы озық тұратын, электр энергиясын тасымалдау және тарату саласындағы SMART GRID типті жүйелерді жасаудың негізін қалаушы элемент екендігіне көз жеткізуге болады [8].

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Бгатов Н.В., Шевченко Н.Ю. Применение компактных воздушных линий в стесненных условиях // Тезисы докладов VII региональной научно-практической студенческой конференции, посвященной 20-летию Камышинского технологического института (филиал) ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. Том 2. – С. 14.

[2] Шевченко Н.Ю., Лебедева Ю.В., Угаров Г.Г., Сошинов А.Г. Разработка способов повышения пропускной способности реконструируемых воздушных линий электропередачи // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт. – 2011. – №5. – С. 21–24.

[3] Постолатий В.М., Быкова Е.В., Суслов В.М., Шакарян Ю.Г., Тимашова Л.В., Карева С.Н. Методические подходы к выбору вариантов линий электропередач нового поколения на примере ВЛ-220 кВ // Problemele Energeticii Regionale. – 2010. – №2 (13). – С. 1-18

[4] Шевченко Н.Ю., Лебедева Ю.В., Сошинов А.Г. Выбор оптимального варианта повышения пропускной способности воздушной линии электропередачи // Проблемы электроэнергетики. – 2010. – №1. – С. 101–103.

[5] Кабасова Ж.К., Оразбаев К.Н., Ғалымжан Д.Ғ., Алдаберганов Н.Т. Басқарылатын ықшам әуелік электр беріліс желілерін қолдану мүмкіндігін зерттеу // Студенттер мен жас ғалымдардың Республикалық ғылыми тәжірибелік конференциясы материалдарының жинағы: Келешек-2018. – Жезқазған, 2018. – 43-47 б.

[6] Оразбаев К.Н., Кабасова Ж.К., Ғалымжан Д.Ғ. Әуелік электр беріліс желілерінің өткізу қабілетін арттыру мүмкіндіктерін зерттеу // X Халықаралық ғылыми-тәжірибелік конференциясының материалдары: Болашаққа ғылыми көзқарас – қоғамдық сананы модернизациялау тәсілі ретінде / Дулатов оқулары – 2018. – Қостанай, 2018. – 2 бөлім. – 33-37 б.

[7] Степанов А.Г., Меньшенин С.Е. Увеличение пропускной способности как средство повышения энергетической эффективности работы ЛЭП // Материалы III Международной научной конференции: Технические науки: теория и практика. – Чита, 2016. – С. 92-95.

[8] Матюшок В.М., Балашова С.А., Ревинова С.Ю., Гомонов К.Г. Энергоэффективность и развитие умных сетей в регионах России // Региональная экономика и управление. – 2019. - №1 (57). – С. 1-14.

Оразбаев К.Н., Боранбай М.Р., Кабасова Ж., Абенова Д.К., Естаева Д.К., Мусина Э.Б.

Исследование вопросов повышения пропускной способности воздушных линий электропередач

Резюме. В статье исследованы вопросы повышения пропускной способности воздушных линий электропередач путем замены одноцепных воздушных линий на двухцепную и применения вместо традиционных линий компактных, управляемых линий.

Ключевые слова: одноцепная воздушная линия, двухцепная воздушная линия, распорка, фазорегулятор, устройства FACTS, SMART GRID.

УДК004.8

G.S. Rysmendeyeva
(Satpayev University, Almaty, Kazakhstan.
g.rysmendeyeva@satbayev.university)

DEVELOPMENT OF VISUAL MODELS OF INFORMATION SYSTEM OF DECISION-MAKING OF THE PRIVATE ASSET MANAGEMENT

Abstract. The growth of human well-being is an important goal of both the state and the people themselves. In a social society, the minimum standard of living is guaranteed by the state. However, in many respects, citizens must take risks on themselves and solve independently the problems of pension provision, inheritance and other financial issues. Having a conscious management trajectory, a person can plan at a young age what skills he needs to acquire in order to achieve the set financial indicators, without resorting to the help of a credit organization. To do this, you need to process a large amount of information. Modern technologies make it possible to solve the problem of information processing speed. The development of an information system that stores and processes the information necessary for making decisions in the process of managing the assets of individuals is one of the solutions to the problem of increasing welfare. The first step in developing an information system is analysis and design. In this work, visual models are designed using functional and structural modeling of processes and data flows of the studied subject area.

Keywords. Visual modeling, information system, context diagram, decomposition, data flow diagram, entity-relationship diagram.

Г.С. Рысмендеева
(Satbayev University, Алматы, Республика Казахстан)

РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ

Аннотация. Рост благосостояния людей является важной целью, как государства, так и самих людей. В социальном обществе минимальный уровень жизни гарантируется государством. Однако во многом граждане должны принимать риски на себя и решать самостоятельно проблемы пенсионного обеспечения, наследования и другие финансовые вопросы. Имея сознательную траекторию управления, человек может в молодом возрасте планировать, какие навыки ему нужно приобретать, чтобы достигать поставленных финансовых показателей, не прибегая к помощи кредитной организации. Для этого необходимо обрабатывать большой объем информации. Современные информационные технологии позволяют решать проблему скорости обработки информации. Разработка информационной системы, которая хранит и обрабатывает информацию, необходимую для принятия решений в процессе управления активами физических лиц, является одним из решений проблемы повышения благосостояния. Первым этапом разработки информационной системы является анализ и проектирование. В данной работе проектируются визуальные модели с помощью функционального и структурного моделирования

процессов и потоков данных, возникающих при управлении активами на протяжении жизненного цикла личности.

Ключевые слова. Визуальное моделирование, информационная система, контекстная диаграмма, декомпозиция, диаграмма потоков данных, диаграмма сущность-связи, жизненный цикл.

Введение

Существует большой объем исследований жизненного цикла личности с точки зрения управления инвестициями, роста доходов и прибыли, человеческого капитала [1- 4]. Вопросы личного дохода и передачи доходов от жизненного цикла между поколениями исследуются методами математического моделирования и статистического анализа во многих работах, например [5]. Вопросы моделирования оптимального поведения инвестиций с учетом различных факторов личности, таких как способности, человеческий капитал, сила и т.д. исследуются в рамках модели динамического конфликта [6].

В данной работе ставится цель проектирования информационной системы с использованием методологии визуального проектирования для решения задач принятия решений по управлению активами на протяжении жизненного цикла личности. Цель исследования - проектирование информационной системы, в которой личность выступает субъектом, управляющим различными потоками информации для достижения своих целей. Методы – системный анализ, описание процессов и визуальное проектирование информационной системы с помощью инструментальных средств разработки программного обеспечения AllFusion Process Modeler, AllFusion Data Modeler.

Все основные используемые методы проектирования имеют свои особенности, однако ни один из них не может полностью удовлетворить требованиям проектирования информационных систем. Чтобы решить эту проблему, вводится идеология визуального моделирования, позволяющая задействовать преимущества метода структурного анализа, метода объектно-ориентированного анализа и метода управления моделями, которые применяются соответственно на разных уровнях проектирования. Кроме того, фокусируясь на визуальном моделировании, создается информационная система, которая предпочтительно отвечает требованиям для анализа и проектирования крупномасштабных и сложных информационных систем [7].

Существуют структурные и объектно-ориентрованные методы разработки информационных систем [8, 9]. Разработка сложной информационной системы начинается с анализа требований и проектирования. Результатом анализа требований являются сформулированные цели и задачи, стоящие перед системой, а также список ограничений [10-11]. В рамках системного планирования выявляются границы реализации системы. Установлению границ системы служит контекстная диаграмма (context diagram) — высокоуровневая диаграмма популярного метода структурного моделирования [12]. В первой половине 90-х годов был предложен универсальный язык объектного проектирования UML. Хотя в языке UML место этой диаграммы заняла диаграмма прецедентов, контекстная диаграмма по-прежнему остается превосходным методом установления границ системы [13].

Построим контекстную диаграмму для жизненного цикла личности. Личность в процессе жизненного цикла получает, создает и оставляет материальные и нематериальное активы. Человек действует в соответствии с законами и понятиями общества, а также руководствуется собственными интересами, чтобы обеспечить свое благополучие. В ходе своей жизни человек применяет существующие технологии и сотрудничает с другими людьми для достижения поставленных целей. В конце своей жизни он может оставить определенное наследство своему потомству или же стать банкротом, если оставляет долги. Контекстная диаграмма процесса жизненного цикла представлен на рисунке 1.

Предлагаемые различные языки визуального моделирования, как например язык ISC_Viz, основанный на BPMN-Q, включают в себя существующие визуальные нотации для снижения когнитивной нагрузки на пользователя [14]. В данной работе применяется методология графического представления процессов по правилам декомпозиции и создание моделей, описывающих функциональную структуру системы. Эта методы известны как методы функционального моделирования SADT [15].

Следуя этой методологии, процесс деятельности личности можно разбить на три этапа: подъем, расцвет и падение как показано на рисунке 2. На этапе подъема протекают процессы физического и психического развития, обучения навыкам общения и получения базовых знаний для интеграции в обществе. На этапе расцвета человек вступает в деловые отношения, участвует в производстве материальных и нематериальных ценностей, а также создает семью. На последнем этапе человек

поддерживает угасающую физическую энергию с помощью накопленных материальных активов, жизненного опыта и родственников.

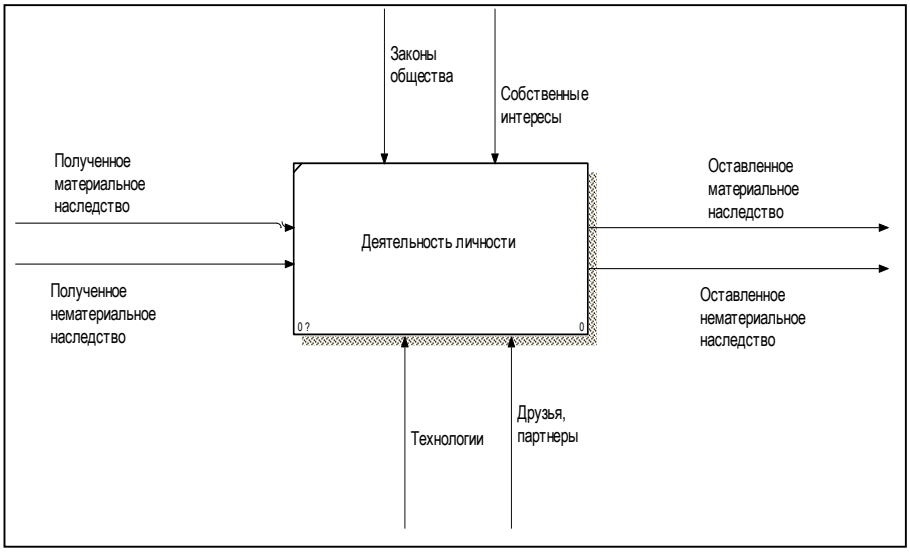


Рис. 1. Контекстная диаграмма жизненного цикла личности

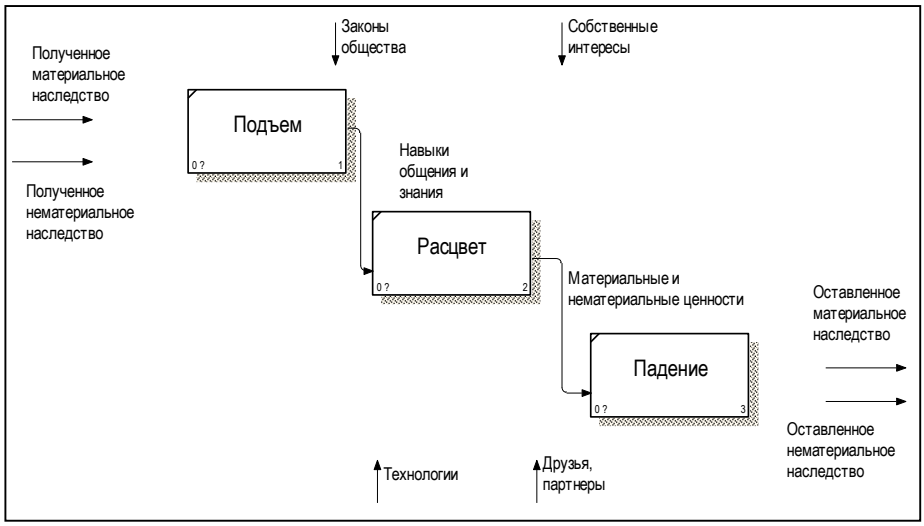


Рис. 2. Декомпозиция деятельности личности

Для определенности допустим, что жизненный цикл ограничен 100 годами. Период обучения охватывает первую декаду возраста до 25 лет, расцвета – следующие две декады 25-75 лет, упадка 75-100 лет. В жизни человек ставит следующие основные критерии:

1. Личная состоятельность (совесть/самосознание)
2. Общественная пригодность (профессиональная оценка/ нравственность)
3. Преемственность (оценка потомков/история)

Существует несколько десятков способов графического представления бизнес-процессов. В данной работе используются методологии DFD (Data Flow Diagram), IDEF0, IDEF3. Результатом проектирования является создание общей информационной модели системы предметной области, функциональные модели системы в целом и подсистем. Диаграмма потока данных является незаменимым методом моделирования обработки данных в программной инженерии [16]. Применительно к рассматриваемой деятельности построим диаграммы DFD (Data Flow Diagram), IDEF0, IDEF3. В ходе своей деятельности человек передает и получает разнообразную информацию, общается с родственниками, друзьями и коллегами по работе. С возрастом у него появляются

наследники, ученики и последователи, которым он планирует передать накопленные знания и/или финансовые активы, и перед которыми у него существует ответственность. При этом важную роль играет стартовая материальная база, происхождение и врожденные способности. Информация, которой обменивается человек с обществом, может служить личным целям либо использоваться в интересах общества.

В процессе обмена информацией формируется хранилище данных, которое определяет личное досье:

1. База данных родственников и друзей
2. Резюме (опыт работы, навыки)
3. База данных наследников, последователей

Потоки информации и хранилища данных представлены на рисунке 3.

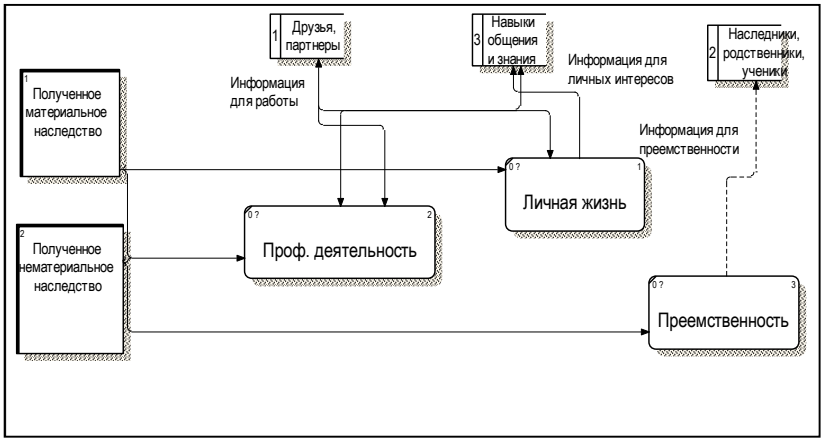


Рис. 3. Диаграмма потоков данных

Каждый этап человеческой деятельности можно разбивать далее на более мелкие процессы и функции. Так на этапе расцвета физических и творческих сил у человека появляются разнообразные обязанности. Обязанности по ведению домашнего хозяйства, покупки или приобретения в кредит недвижимости. Параллельно осуществляется профессиональная деятельность, так как она обеспечивает финансовую возможность ведения домашнего хозяйства, обеспечивает источники финансирования. Исключением является случай оставленного предками материального наследства, достаточно крупного, чтобы длительное время существовать без внешнего источника. Если позволяет время, силы и энергия, то человек может дополнительно заниматься общественной деятельностью, благотворительностью, волонтерством. Когда человек сильно загружен профессиональной и домашней работой, то у него остается время лишь на восстановление энергии, чтобы повторять свою деятельность. С возрастом накапливаются трудовой опыт и знания. В конце концов, силы человека падают, и он начинает заниматься только общественной деятельностью или же уходит на пенсию. Описанные выше процессы представлены на рисунке 4.

Проектирование базы данных начинается также с системного анализа и создания информационной модели, которая служит основой базы данных.

Можно сказать, что информационные системы являются многопользовательскими системами по определению. Это свойство само по себе требует наличия базы данных, с которой могут одновременно работать многие пользователи. Надлежащий проект базы данных, который может объединить и поддерживать прикладные программы, является необходимым условием реализации информационной системой предусмотренных функциональных возможностей. Внешняя схема (external schema) представляет обобщенную концептуальную модель данных, необходимую для единственного приложения. Поскольку база данных обычно поддерживает много приложений, конструируются несколько внешних схем. Затем они интегрируются в виде одной концептуальной модели данных. Наиболее известным методом концептуального моделирования данных являются ER- диаграммы (entity-relationship — сущность связь) [13].

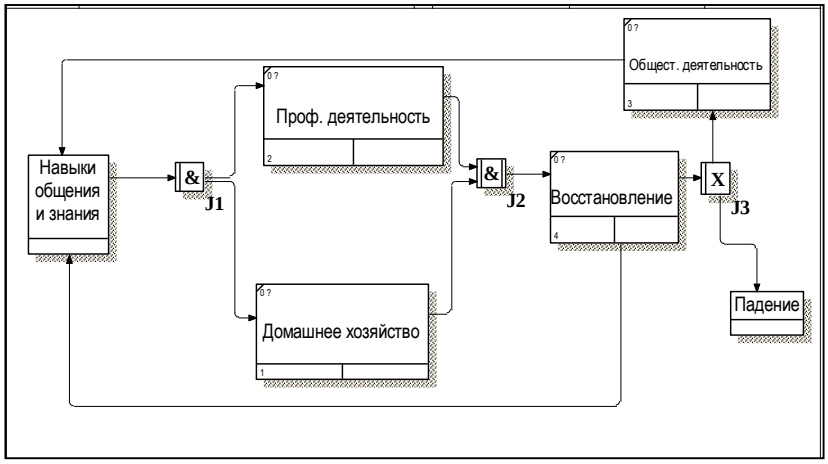


Рис. 4. Диаграмма процессов этапа расцвета

Для ER-диаграммы необходимо выявить сущности и отношения между ними. Рассмотрим личность как абстрактное понятие. В зависимости от того, с какой стороны подходить, личность может выступать в различных ролях: родственник, партнер, наследник. Личность вступает в различные отношения с такими сущностями как семья, учеба, работа, наследство, свободное время. Сущности обладают присущими только им атрибутами [12]. Работа имеет свои атрибуты, среди которых специальность, стаж, доход. Аналогично, дом, учеба и наследство имеют свои характеристики. В целях обобщения, учебу можно отнести к одному из видов работы, а семью - к свободному от работы времени. Количество характеристик каждой сущности может быть бесконечно большим. Таким образом, можно выделить следующие сущности: личность, работа, наследство, свободное время. Взаимосвязи между этими сущностями отображены на рисунке 5.

Заключение. Описаны основные процессы жизненного цикла личности, которые можно декомпозировать более детально по возрастному признаку и функциям. Личность может управлять процессами путем применения следующих критериев: оценка личная, оценка общественная и оценка потомков. Эти критерии могут включать законы, мораль общества, духовные принципы.

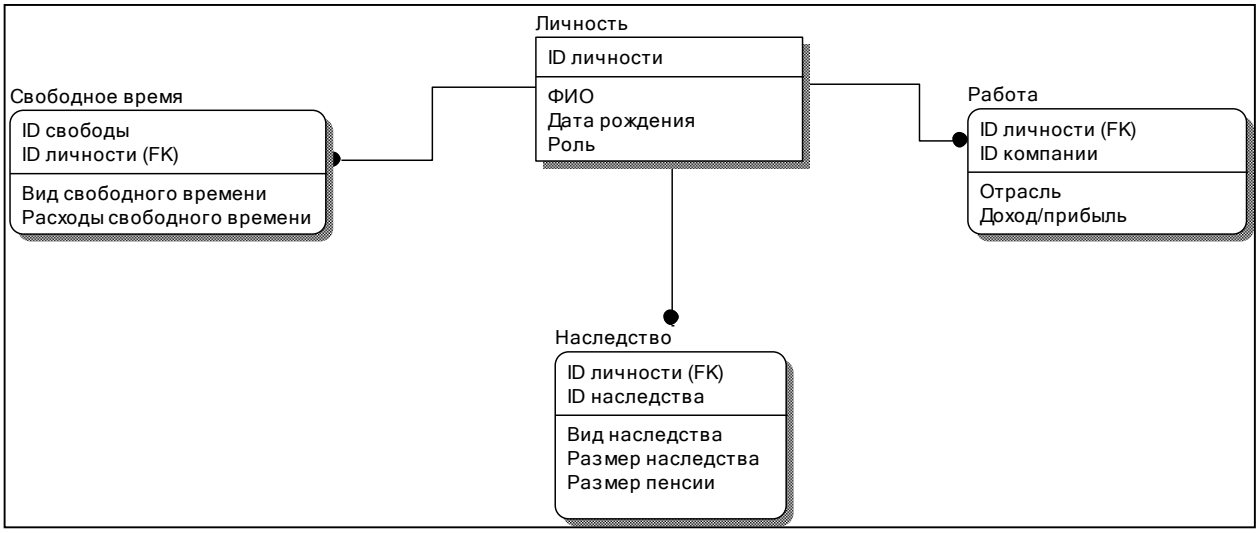


Рис. 5. Диаграмма сущности и отношения

В качестве средств достижения целей используются имеющиеся в распоряжении материальные ресурсы и технологии. Личность испытывает внешнее управляющее воздействие со стороны общества, поэтому может выступать в роли, как субъекта, так и объекта. Однако если она является только объектом внешнего управления, то перестает быть собственно личностью. Итогом всей

деятельности является материальное и нематериальное наследство. В ходе этой деятельности формируются различные хранилища данных, содержащие персональную и иную информацию.

Таким образом, с помощью методов визуального моделирования спроектированы модели информационной система, которая имеет информацию на входе и выходе, целевые показатели деятельности и процессы. Для оптимальной стратегии управления этой системой необходимо включить алгоритмы принятия решений для различных сценариев развития событий, что является предметом будущих исследований.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Caucutt, Elizabeth M.; Lochner, Lance. Early and Late Human Capital Investments, Borrowing Constraints, and the Family. //Journal of Political Economy. - Mar, 2020. – Т. 128. - Выпуск: 3. - С. 1065-1147.

[2] Back, Kerry; Liu, Ruomeng; Teguia, Alberto. Increasing risk aversion and life-cycle investing. // Mathematics and Financial Economics - Mar 2019- Т. 13. - Выпуск: 2. - С. 287-302.

[3] Caplin, Andrew. Introduction to symposium on “Engineering Data on Individual and Family Decisions Over the Life Cycle”. // Economic inquiry. - 2018 – Т. 56. - Выпуск: 1. - С. 9-12.

[4] Blake, David; Wright, Douglas; Zhang, Yumeng. Age-dependent investing: Optimal funding and investment strategies in defined contribution pension plans when members are rational life cycle financial planners // Journal of Economic Dynamics & Control. - Jan. 2014. - Т. 38. - С. 105-124.

[5] Bingley, P., Cappellari, L. Correlation of Brothers' Earnings and Intergenerational Transmission. // Review of Economics and Statistics. - May 2019.- Т. 101. - выпуск: 2.- С. 370-383.

[6] Keskin, K., Saglam, C. Investment on Human Capital in A Dynamic Contest Model. // Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics. - Feb 2019. - Т. 23. - выпуск: 1.- С.257-265.

[7] Wu Zhenfeng, Guo Lin. The Application Research on the Visual Data Modeling in the Information System Analysis and Design // International Conference on E-Learning, E-Business, Enterprise Information Systems and E-Government - Hong Kong, PEOPLES R CHINA , Dec. 05-06, 2009. - С. 169-170.

[8] Приемы объектно-ориентированного проектирования. Паттерны проектирования / Э. Гамма [и др.]. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2017. – 366 с.

[9] Abbas, Messaoud; Ben-Yelles, Choukri-Bey; Rioboo, Renaud. Formalizing UML/OCL structural features with FoCaLiZe //SOFT COMPUTING – Mar, 2020 – Т. 24 - Выпуск: 6 - С. 4149-4164.

[10] Фаулер, М. Шаблоны корпоративных приложений / М. Фаулер. – М. «Вильямс», 2012. – 544 с.

[11] Марри Кантор. Управление программными проектами. Практическое руководство успешного программного обеспечения.- М. «Вильямс», 2017. – 176 с.

[12] I. Sommerville, Software Engineering, 9th ed., Addison-Wesley, 2011.

[13] Мацяшек А., Лешек А. Анализ требований и проектирование систем. Разработка информационных систем с использованием UML: Перевод англ. – М.: Вильямс, 2011. – 436 с.

[14] Gall, Manuel; Rinderle-Ma, Stefanie. Visual Modeling of Instance-Spanning Constraints in Process-Aware Information Systems. // 29th International Conference on Advanced Information Systems Engineering (CAiSE) - Essen, GERMANY. - Jun 12-16, 2017. –Т. 10253. - С. 597-611.

[15] Орлов С.А. Программная инженерия: технологии разработки программного обеспечения / С. А. Орлов. - 5-е изд., обновл. и доп. – Санкт-Петербург [и др.]: Питер, 2017. – 640 с.

[16] Zhang, Haocheng; Liu, Wei; Xiong, Hao. Analyzing data flow diagrams by combination of formal methods and visualization techniques. // Journal of Visual Languages And Computing. – Oct, 2018 - Т. 48 - С. 41-51.

Рысмендеева Г.С.

Жеке ақпаратты басқару үшін шешім қабылдау үшін ақпараттық жүйесінің визуалды модельдерін дамыту

Түйіндеме. Визуалды модельдеу әдістерін қолдана отырып, енгізу және шығару ақпаратын, өнімділік мақсаттары мен процестерді қамтитын ақпараттық жүйенің модельдері жасалды. Адамның өмірлік циклінің негізгі процестері сипатталған, олар жасына және қызметіне қарай ыдырауға болады. Әрекет процестерінде әртүрлі мәліметтер қоймалары құрылады. Адам процестерді жеке бақылай алады, әлеуметтік және тарихи өлшемдерді қолдана отырып. Мақсатқа жетудің құралы ретінде қолда бар материалдық ресурстар мен технологиялар қолданылады. Барлық іс-әрекеттің нәтижесі - материалдық және материалдық емес мұра.

Түйінді сөздер. Визуалды модельдеу, ақпараттық жүйе, контекстік диаграмма, декомпозиция, мәліметтер ағынының диаграммасы, субъект-қатынастар диаграммасы.

УДК 621.09.1

S.S. Ainabekova[1], K.T. Sherov[1], M.M. Mussaev[1], R. Gabdyssalyk[2], E.B. Imanbaev[1]
([1]Karaganda State Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]East Kazakhstan State Technical University, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan
e-mail: shkt1965@mail.ru)

STUDY AND DETERMINE THE OPTIMAL GEOMETRY OF CIRCULAR SAW FOR THERMO-FRICTION CUTTING OF LOW-CARBON STEEL

Abstract. The authors have developed a method of thermo-friction cutting with pulsed cooling. The method is implemented due to a special design of the circular saw, which has a geometry: step L, heating zone L_1, cooling zone L_2 and width *b*. This article presents the results of the study of the influence of the geometry of a circular saw on the value of the temperature in the "disk-workpiece" contact, which is the basis of the cutting mechanism of this method.

The process was modeled using the Machining module of the DEFORM 3D software package based on the finite element method. It was found that for a segment of low-carbon steel AISI-1008, depending on the geometry of the disk saw, the temperature in the contact zone "disk- workpiece" was reached 1500÷1900 °C, and its distribution deep into the workpiece was 0.027÷1.02 mm. The optimal geometry of a circular saw for a section of low-carbon steel 08 was determined: L_1 = 26 mm; L_2 = 6 mm; b = 2 mm.

Keywords: thermo-friction cutting, pulse cooling, temperature, heating zone, cooling zone, circular saw.

С.С. Айнабекова[1], К.Т. Шеров[1], М.М. Мусаев[1], Р. Габдысалык[2], Е.Б. Иманбаев[1]
([1]Карагандинский государственный технический университет,
Караганда, Республика Казахстан,
[2]Восточно-Казахстанский государственный технический университет,
Усть-Каменогорск, Республика Казахстан
e-mail: shkt1965@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДИСКОВОЙ ПИЛЫ ДЛЯ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОТРЕЗКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Аннотация. Авторами разработан способ термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением. Реализация способа осуществляется за счет специальной конструкции дисковой пилы, которая имеет геометрию: шаг *L*, зона нагрева L_1, зона охлаждения L_2 и ширина *в*.

В данной статье приводятся результаты исследования влияния геометрии дисковой пилы на величину температуры в контакте «диск -заготовка», которая является основой механизма резания данного способа.

Моделирование процесса проводилось с использованием модуля Machining программного комплекса DEFORM 3D на основе метода конечных элементов. Установлено, что при отрезке малоуглеродистой стали 08, в зависимости от геометрии дисковой пилы, температура в зоне контакта «диск-заготовка» достигалась 1500÷1900 ^{0}C, и её распространение вглубь заготовки составляло 0,027÷1,02 мм. Определена оптимальная геометрия дисковой пилы для отрезки малоуглеродистой стали 08: L_1 = 26 мм; L_2 = 6 мм; *в* = 2 мм.

Ключевые слова. Термофрикционная отрезка, импульсное охлаждение, температура, зона нагрева, зона охлаждения, дисковая пила.

Введение. Отрезка металлических заготовок является основной операцией заготовительного производства машиностроительных предприятий [1]. В большинстве случаях отрезной операции подвергаются материалы из конструкционных сталей. Конструкционные стали, используемые в механообрабатывающей отрасли машиностроения, можно разделить на три группы: низкоуглеродистые, среднеуглеродистые, высокоуглеродистые. Для осуществления механизма резания способа термормофрикционной отрезки с импульсным охлаждением [2,3] необходимо достижение температуры в зоне контакта «диск-заготовка» близкой температуре плавления обрабатываемого материала [4,5,6]. При обеспечении этой температуры преобладающее влияние оказывает геометрия дисковой пилы [7,8,9]. Под геометрией дисковой пилы подразумевают шаг *L*, зону нагрева L_1, зону охлаждения L_2 и ширину *в* (см.рис. 1).

Значение температуры плавления для класса вышеуказанных сталей разные и зависит от механических свойств и химического состава материала. Учитывая это, определения оптимальной геометрии дисковой пилы для резки конкретной группы конструкционных сталей является актуальной

задачей. Также представляет научный и практический интерес значение температуры непосредственно в контакте «диск-заготовка», в подконтактном слое и в слоях близлежащих к нему, а также информация о толщине этих слоев и о диапазоне распространения температуры вглубь заготовки.

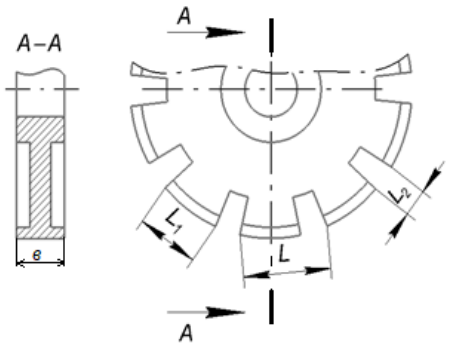


Рис. 1. Эскиз конструкции дисковой пилы

Методы. Для исследования влияния геометрии на температуру в контакте «диск-заготовка» при термофрикционной отрезке с импульсным охлаждением выбираем программный комплекс DEFORM 2/3D. Моделирование процесса проводим с использованием модуля Machining программного комплекса Deform 3D на основе метода конечных элементов [10]. Для моделирования процесса термофрикционной отрезки дисками различной конфигурации были использованы следующие данные: модели диски Ø 285 мм с чередующимися зубьями и вырезами (что составляет 28 зуба), так называемые зоны нагрева L_1=18, 22, 26 мм и зоны охлаждения L_2 =14, 10, 6 мм соответственно. Шаг L = 32 мм, согласно рекомендациям [11].

Материал модели заготовки сталь 08 по ГОСТ 1050-2013 – выбраны из библиотеки программы. Режимы резания: частота вращения диска – n_o = 2000, 2500, 3000 об/мин, подача S = 120 мм/мин.

В моделировании используется тетраэдрическая сетка конечных элементов, которая автоматически перестраивается при искажении [11,12,13]. Начальная температура заготовки, инструмента и окружающей среды составляет 20°С. Коэффициент теплопроводности между заготовкой и диском 30 Вт/(м·С), между деталями и воздухом – 0,002 Вт/(м·С). В граничных условиях модели заготовка жестко закреплена, диск перемещается только вдоль оси резания (см. рис. 2). При работе пилы осуществляется ее охлаждение путем подвода струи охлаждающей жидкости на водной основе.

На рисунке 2 показан фрагмент отрезки диском и вид модели диска и заготовки с распределенной сеткой конечных элементов.

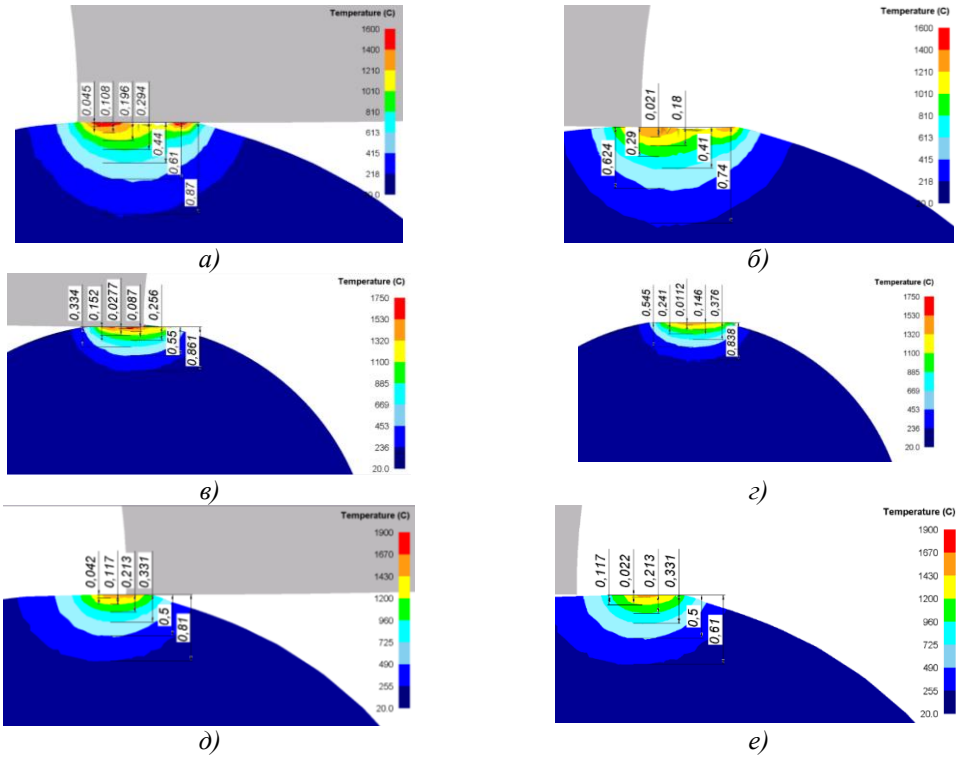


а) *б)*

а - фрагмент отрезки диском; *б* - вид диска с заготовкой

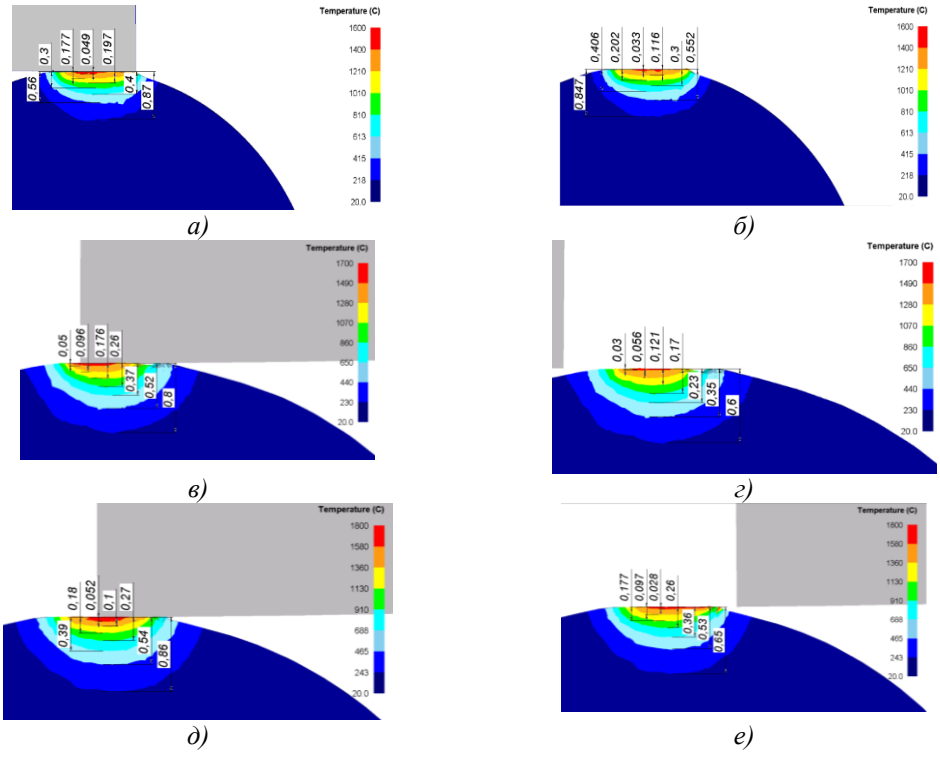
Рис. 2. Фрагмент отрезки диском и вид модели диска и заготовки с распределенной сеткой конечных элементов

Результаты. Было выполнено исследование распределения температуры в контакте «диск-заготовка», в подконтактном слое и в слоях близлежащих к нему. В результате были получены модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева L_1 и охлаждения L_2 при различных их размерах. На рисунке 3 показаны модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=18 мм; L_2 =14 мм.



а,б - n_0 =2000 об /мин; *в,г* – n_0 =2500 об /мин; *д,е* - n_0 = 3000 об/мин; S= 120 мм/мин; *в* = 2 мм; *а,в,д* – модели зоны нагрева L_1=18 мм; *б,г,е* – модели зоны охлаждения L_2 =14 мм

Рис. 3. Модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=18 мм; L_2 =14 мм.



а,б - n_0 =2000 об /мин; *в,г* – n_0 =2500 об /мин; *д,е* - n_0 = 3000 об/мин; S= 120 мм/мин; *в* = 2 мм; *а,в,д* – модели зоны нагрева L_1=22 мм; *б,г,е* – модели зоны охлаждения L_2 =10 мм

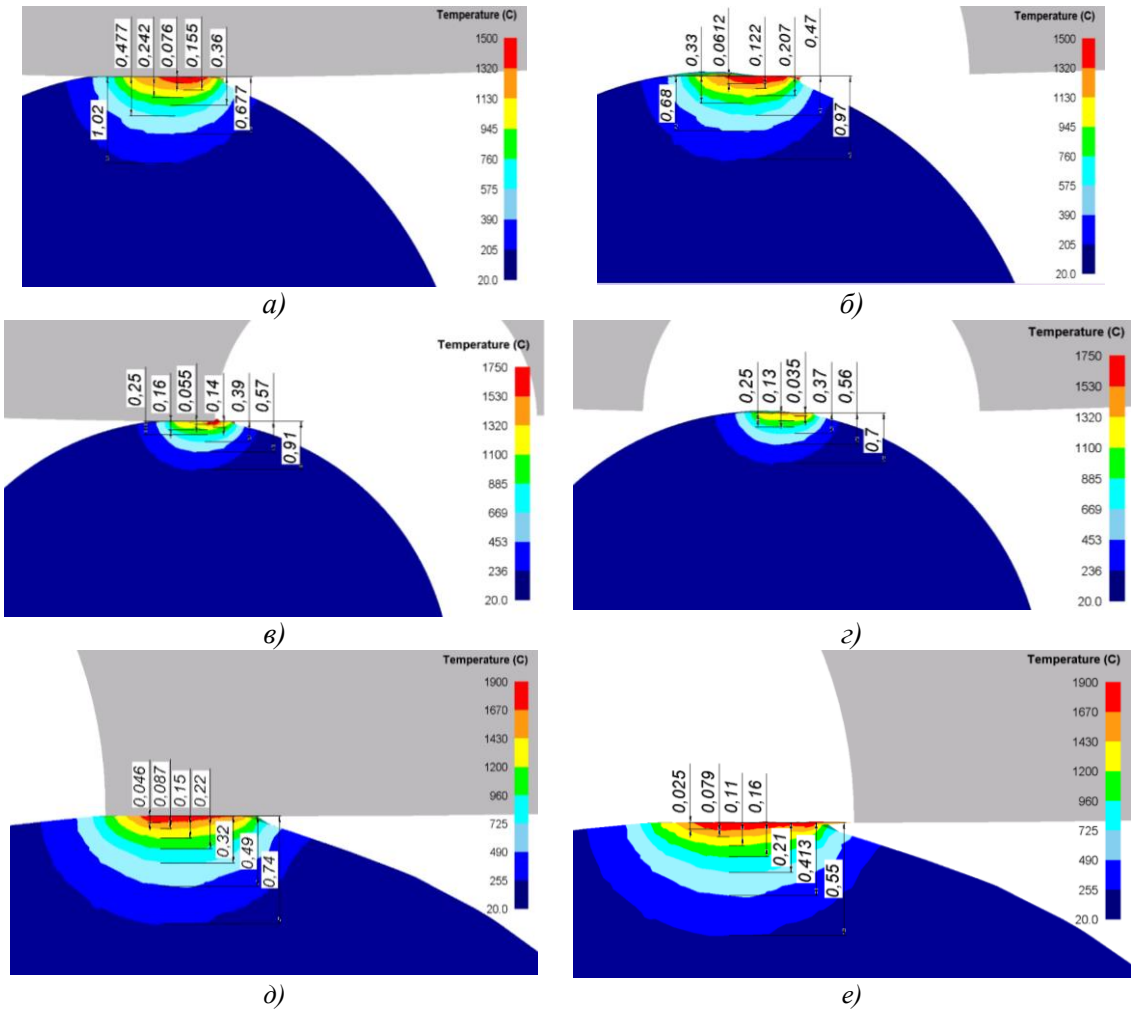
Рис. 4. Модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1= 22 мм; L_2 =10 мм.

Для получения информации о расстоянии слоев от контакта «диск-заготовка» и о диапазоне распространения температуры вглубь заготовки, модели заготовок, полученных в программном комплексе Deform 2D/3D Machining, импортируем в программу Компас 2D. Затем с помощью программы Компас 2D произведем замеры и определяем расстояние расположения слоев от контакта «диск-заготовка», которые имеют различные температуры нагрева при одном обороте дисковой пилы.

По значениям полученных замеров можно определить и толщину слоев.

На рисунке 4 показаны модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=22 мм; L_2 =10 мм.

На рисунке 5 показаны модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=26 мм; L_2 = 6 мм.



а) *б)* *в)* *г)* *д)* *е)*

а,б - $n_д$ =2000 об /мин; *в,г* – $n_д$ =2500 об /мин; *д,е* - $n_д$ = 3000 об/мин; S= 120 мм/мин; *в* = 2 мм; *а,в,д* – модели зоны нагрева L_1=26 мм; *б,г,е* – модели зоны охлаждения L_2 = 6 мм

Рис. 5. Модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1= 26 мм; L_2 = 6 мм.

Проанализируем изменение температуры за один оборот диска в процессе термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением при различных размерах зоны нагрева L_1 и зоны охлаждения L_2, а также при различных частотах вращения дисковой пилы $n_д$.

Результаты анализа изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения при L_1=18 мм; L_2 =14 мм (см. рис. 3) показали, что максимальное расстояние распределения температуры вглубь заготовки составляет 0,87 мм (см. рис. 3,*а*). При этом температура колеблется в диапазоне T=200÷1900 ^oC. Увеличение частоты вращения дисковой пилы приводит увеличению температуры в контакте и при этом уменьшается расстояние распространения температуры вглубь заготовки. При $n_д$ =2000 об/мин (см. рис. 3,*а,б*), температура в контакте, при прохождении зоны нагрева

L_1 и охлаждения L_2, составляет T=1600 ^oC, а толщина контактного слоя находится в пределах 0,045÷0,021 мм соответственно. Видно, что с наступлением зоны охлаждения L_2 дисковой пилы (см. рис. 3,*б*) толщина контактного слоя в 2 раза уменьшается. При n_∂ =2500 об/мин (см. рис. 3,*в,г*) и n_∂ =3000 об/мин (см. рис. 3,*д,е*) температура в контакте увеличивается и составляет соответственно T=1750 ^oC и T=1900 ^oC, а максимальное расстояние распределения температуры вглубь заготовки составляет соответственно 0,861 мм и 0,81 мм. Наблюдается уменьшение расстояния распределения температуры. Толщина контактного слоя составляет соответственно 0,027-0,112 мм и 0,042-0,022 мм. В обоих случаях наблюдается уменьшение толщины контактного слоя с наступлением зоны охлаждения L_2 дисковой пилы. Результаты анализа модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=18 мм; L_2 =14 мм, внесем в таблицу 1.

Таблица 1. **Результаты анализа модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=18 мм; L_2 =14 мм.**

Результаты	Частоты вращения, n_∂, об/мин		
	2000	2500	3000
Максимальное расстояние распределения температуры, мм	0,87	0,861	0,81
Температура в контакте, T, ^oC при L_1	1600	1750	1900
Температура в контакте, T, ^oC при L_2	1600	1750	1900
Толщина контактного слоя, мм, при L_1	0,045	0,0277	0,042
Толщина контактного слоя, мм, при L_2	0,021	0,0112	0,022

Результаты анализа модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=22 мм; L_2 =10 мм и при L_1=26 мм; L_2 =6 мм вносим соответственно в таблицу 2 и в таблицу 3.

Таблица 2. **Результаты анализа модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=22 мм; L_2 =10 мм.**

Результаты	Частоты вращения, n_∂, об/мин		
	2000	2500	3000
Максимальное расстояние распределения температуры, мм	0,87	0,8	0,86
Температура в контакте, T, ^oC при L_1	1600	1700	1800
Температура в контакте, T, ^oC при L_2	1600	1700	1800
Толщина контактного слоя, мм, при L_1	0,049	0,05	0,052
Толщина контактного слоя, мм, при L_2	0,033	0,03	0,028

Таблица 3. **Результаты анализа модели изменения температуры за один оборот диска в зонах нагрева и охлаждения, при L_1=26 мм; L_2 =6 мм.**

Результаты	Частоты вращения, n_∂, об/мин		
	2000	2500	3000
Максимальное расстояние распределения температуры, мм	1,02	0,91	0,74
Температура в контакте, T, ^oC при L_1	1500	1750	1900
Температура в контакте, T, ^oC при L_2	1500	1750	1900
Толщина контактного слоя, мм, при L_1	0,076	0,055	0,046
Толщина контактного слоя, мм, при L_2	0,0612	0,035	0,025

Анализ полученных результатов моделирования температуры за один оборот диска в зонах нагрева L_1 и охлаждения L_2, при различных их размерах, показали, что увеличение частоты вращения дисковой пилы положительно влияет на процесс обработки. При этом с наступлением зоны охлаждения L_2 наблюдается уменьшение толщины контактного слоя и расстояния распределения температуры вглубь заготовки (см. таблицы 1,2 и 3, а также рис. 3,4,5). Это можно объяснить тем, что температура, появляющаяся за счет трения, при прохождении зоны нагрева L_1, интенсивно стремится

распространяться по телу заготовки вглубь от контакта «диск-заготовка». А при наступлении зоны охлаждения L_2 обрабатываемая поверхность резко охлаждается за счет прямого поступления смазочно-охлаждающей жидкости и тепло направляющаяся вглубь заготовки резко меняет направление и будет стремиться обратно к контакту «диск-заготовка». В результате тепло начинает интенсивно аккумулироваться в контакте «диск-заготовка» и происходит резкое повышение температуры.

Исследование влияния размера зоны нагрева L_1 и охлаждения L_2 показали, что во всех в трех вариантах подбора размеров L_1 и L_2 необходимая температура T=1500÷1900 ^oC для осуществления механизма резания при обработке стали 08 обеспечивается (см. таблицы 1,2 и 3, а также рис. 3,4,5). При выборе оптимальной геометрии дисковой пилы для термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением низкоуглеродистых сталей на основу были взятоы механические свойства стали 08, как пластичность и вязкость. Низкоуглеродистые стали являются более пластичными и вязкими по сравнению с другими углеродистыми сталями, учитывая эти свойства, выбираем следующие размеры зоны нагрева и охлаждения L_1=26 мм и L_2 =6 мм.

Полученные результаты исследования полностью подтверждают гипотезу [15] о механизме резания термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением и о распределении температуры в процессе резания вглубь заготовки.

Обсуждение. В результате моделирования процесса термофрикционной отрезки с импульсным охлаждением с помощью программного комплекса DEFORM 2D/3D установлено, что:

- периодический цикл нагрев-охлаждение обрабатываемой поверхности препятствует распространению тепла вглубь заготовки, интенсивно аккумулируя её непосредственно в контакте «диск-заготовка»;

- расстояние распределения температуры в процессе обработки вглубь заготовки, при различных режимах резания и размерах геометрии дисковой пилы, находится в пределах 0,74÷1,02 мм. При этом толщина контактного слоя составляет 0,0112÷0,076 мм и температура в них колеблется в диапазоне T=1500÷1900 ^oC.

- с учетом механических свойств низкоуглеродистых сталей, в частности стали 08, выбраны оптимальные геометрии дисковой пилы: L_1=26 мм, L_2 =6 мм, $в$ = 2 мм.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Маздубай А.В., Шеров К.Т. Металл дайындамаларды кесу технологиясы: Монография / Павлодар: Издательство «Toraighyrov University», 2019. – 173с.

[2] Шеров К.Т., Маздубай А.В., Сихимбаев М.Р., Исагулов А.З., Шеров А.К., Ракишев А.К., Мусаев М.М., Сихимбаева Д.Р. Способ термофрикционной отрезки металлических заготовок с охлаждением и конструкция дисковой пилы / Патент №31934 РК на изобретение. 30.03.2017г. Бюл. №6.

[3] Sherov K.T., Buzauova T.M., Sherov A.K., Ualiev D.Sh. and etc. Method for performing thermo-friction cutting and strengthening treatment of cylindrical surfaces of workpieces by a friction disk / Patent № KZ25649-A4. Derwent: 2019-31750G.

[4] Sherov K., Sikhimbayev M., Mazdubay A., Sherov A., Rakishev A., Mussaev M., Donenbayev B., Bayzhabaginova G. (2017) The research of the temperature impact in tool-workpiece contact on the quality of the cut at thermofrictional cutting. Mechanics and Mechanical Engineering, Volume 21, Issue 3, 755-762. http://www.kdm.p.lodz.pl/mme-art.html

[5] Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Sagitov A.A., Ainabekova S.S. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47, No. 4 (2017) pp.23-36. https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018

[6] Nasad T.G., Sherov K.T., Absadykov B.N., Tussupova S.O., Sagitov A.A., Abdugaliyeva G.B., Okimbayeva A.E. Formation management in parts processing regenerated by surfacing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2019. Vol. 3, N 435. P. 102-108. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.74,

[7] Sherov, K.T., Sikhimbayev M.R., Sherov A.K., Mazdubay A.V., Rakishev A.K. et al. Matematical modeling of thermofrictional milling process using ANSYS WB software / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47, No. 2 (2017) pp. 24-33. https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0008

[8] Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Nasad T.G. et al. The research of the steel cutting blade reliability for thermo-frictional processing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2020. Volume 1, Number 439 (2020), P.122 – 130. https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.15

[9] Khodzhibergenov D.T., Esirkepov A., Sherov K.T. Rational milling of metals / Russian Engineering Research. Allerton Press, Inc. 2015. Vol. 35. No 1. pp. 43-45. https://doi.org/10.3103/s1068798x1501013x

[10] Катышев С.И. Применение программного комплекса «DEFORM 3D» для моделирования процесса фрезерования // - Новосибирск: СибАК Экспериментальные и теоретические исследования в современной науке: сб. ст. по матер. XXVII междунар. науч.-практ. конф., № 18(26), 2018. – С. 14-22.

[11] Pokintelitsa N., Levchenko E. Projecting Parameters of a Microprofile for a Surface Obtained as a Result of the Thermofrictional Treatment // Procedia Engineering. Volume 150, 2016, Pages 1013-1019. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.155

[12] Pokintelitsa N., Levchenko E. Application of Thermo-Frictional and Mechanical Treatment Complex Method for Production of Parts with Specific Properties // Procedia Engineering, Volume 206, 2017, Pages 1326-1332. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.10.639

[13] Nasad T.G., Kochetkov A.V. Highly Efficient Methods of Machining Titanium for Oil-Gas Drilling Equipment. Chem Petrol Eng 52, P. 227–230 (2016). https://doi.org/10.1007/s10556-016-0179-4

[14] Основы материаловедения (металлообработка): учебник для студ./ В.Н. Заплатин, Ю.И. Сапожников, А.В. Дубов и др.; под ред. В.Н. Заплатина. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2017. – 272с.

[15] Шеров К.Т., Айнабекова С.С. Анализ состояния контактной зоны «инструмент-заготовка» при термофрикционной обработке с импульсным охлаждением / Механика и технологии. – Тараз: Изд-во «Тараз университеті» ТарГУ им. М.Х. Дулати, 2018.- №2(60)- С.16-24.

Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Мусаев М.М., Ғабдысалық Р., Иманбаев Е.Б.

Аз көміртекті болатты термофрикциялық кесу үшін дискілі араның оңтайлы геометриясын анықтау және зерттеу

Түйіндеме. Авторлармен импульсті салқындатуға ие термофрикциялық кесу әдісі әзірленді. Бұл әдісті жүзеге асыру үшін арнайы геометрияға, яғни L қадамына, L_1 қыздыру аймағына, L_2 салқындату аймағына және $в$ еніне ие болған дискілі араның конструкциясы жаратылған.

Бұл мақалада дискілі араның геометриясының «диск-дайындама» контактіндегі температура шамасына әсерін зерттеу нәтижелері келтіріледі, ол осы әдістің кесу механизмінің негізі болып табылады.

Үдерісті модельдеу соңғы элементтер әдісі негізінде DEFORM 3D бағдарламалық кешенінің Machining модулін қолдану арқылы жүргізілді. Дискілі араның геометриясына байланысты 08 көміртекті болатты кесу кезінде «диск-дайындама» жанасу аймағындағы температураның 1500÷1900 ^{0}С-қа дейін жетуі орнатылды және оның дайындама денесі бойлап 0,027÷1,02 мм тереңдікке таралуы анықталды. 08 маркалы аз көміртекті болатты кесу үшін дискілі араның оңтайлы геометриясы анықталды: L_1 = 26 мм; L_2 = 6 мм; в = 2 мм.

Кілт сөздер. Термофрикциялық кесу, импульсті салқындату, температура, қыздыру аймағы, салқындату аймағы, дискілі ара.

УДК 004.94

O. Salykova , I. Ivanova, B. Salykov
(Kostanay State University A. Baitursynov, Kostanay, Kazakhstan.
E-mail: solga0609@mail.ru)

EFFECTIVE LEARNING OF DEEP NEURAL NETWORKS FOR RECOGNITION OF VISUAL PATTERNS

Abstract.In this paper we consider modern approaches to the construction and training of artificial neural networks. We demonstrate the close relationship of deep networks with differential equations, which makes it possible to efficiently model super deep neural networks for a wide range of data analysis tasks.

Key words: artificial intelligence, deep learning, artificial neural network, ordinary differential equation, ordinary differential equation.

О. Салыкова, И. Иванова, Б. Салыков

ЭФФЕКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Аннотация. В работе рассматриваются современные подходы к построению и обучению искусственных нейросетевых структур. Мы демонстрируем тесную взаимосвязь глубоких сетей с дифференциальными уравнениями, позволяющую эффективно моделировать сверхглубокие нейронные сети для широкого спектра задач анализа данных.

Ключевые слова: искусственный интеллект, глубокое обучение, искусственные нейронные сети, обыкновенные дифференциальные уравнения, автоматическое распознавание образов.

Введение

Одним из существенных факторов, характеризующих развитие человечества в XXI веке, является резкое увеличение количества доступных данных и их непрерывное удешевление. Появление дешевых датчиков и детекторов, а также развитие и повышение производительности каналов передачи данных привело к тому, что получить данные об интересующем объекте стало значительно проще и дешевле, чем переработать их, выявить необходимую информацию об объекте, а затем и знания, пригодные для практического использования в будущем. Одной из основных проблем здесь является отсутствие адекватных моделей, описывающих объект или его отдельные свойства, и позволяющих легко преобразовать данные в информацию [1]. В этой ситуации на первый план часто выходят методы, управляемые данными, которые обучаются на примерах и позволяют для преобразования данных в информацию получить адаптивные модели.

Искусственные нейронные сети (artificial neural network, далее ANN) [2] за последнее десятилетие стали одним из наиболее распространенных инструментов решения задач машинного обучения и интеллектуального анализа данных. Обучение современных ANN всё чаще происходит на больших и сверхбольших объемах данных (миллионы объектов) с использованием мощных вычислительных ресурсов. Подобные выборки данных во многих приложениях позволяют без риска переучивания настраивать глубокие (многослойные) сети с миллиардами параметров [3]. Такие глубокие сети позволяют адаптивно строить отображения с очень высокой нелинейностью, что отвечает важной современной тенденции – усложнению и повышению нелинейности аппроксимируемых адаптивными методами зависимостей. Всё это обусловило возрастающую популярность глубоких ANN.

Если рассматривать ANN как метод машинного обучения, то можно выделить следующие существенные их преимущества относительно большинства известных методов (см., например, [3]):

1. Учёт зависимостей между признаками. Во многих задачах признаки, описывающие объект, могут быть зависимы. Примерами таких объектов могут быть изображения (каждый пиксель зависит от некоторого количества соседей). Другой пример – тексты на естественных языках, в которых важен порядок слов. Многие стандартные методы не работают с зависимостями непосредственно и вынуждены использовать различные эвристические признаки (к примеру, модель «мешка слов»). ANN обрабатывают эти объекты более естественным образом;
2. Построение оптимальных признаков для описания объектов может быть сложной задачей, требующей хорошего понимания предметной области. ANN позволяют выбирать подходящие признаки автоматически, что сокращает время на разработку и внедрение методов анализа данных на их основе;
3. Универсальность модели: доказано, что ANN могут приблизить любую функцию. Таким образом если задача в принципе может быть решена по данным признакам, то она может быть решена с помощью ANN. Из всех методов машинного обучения только ANN обладают таким свойством, что делает исследования в этой области более актуальными.

Однако необходимо отметить, что текущие успехи в области ANN в большинстве случаев связаны с эвристическим построением архитектуры сети, применимой только для конкретной рассматриваемой задачи. При этом отсутствует законченное понимание внутренних закономерностей функционирования сети, необходимости или избыточности тех или иных слоев сети, способов оптимального выбора гиперпараметров и т.д. Отсутствие исчерпывающих научных ответов на приведенные вопросы существенно ограничивает качественное развитие метода ANN, что обусловило необходимость модификации существующих алгоритмов и разработки новых подходов [4].

Существенный прогресс в решении данной проблемы был получен в последние годы (см. работы [5-7] и обзор [8]) при обнаружении фундаментальной связи между ANN и обыкновенными дифференциальными уравнениями (ordinary differential equation, далее ODE). Для большинства нейросетевых структур прохождение сигнала через произвольный -ый слой сети может быть записано как

$$\boldsymbol{x}_{l+1} = \boldsymbol{x}_l + \tilde{\boldsymbol{f}}(\boldsymbol{x}_l, \boldsymbol{q}_l), \quad (1)$$

где $\mathbf{x}_l$ – это входящий на слой сигнал, $\mathbf{x}_{l+1}$ – выходящий сигнал, $\mathbf{q}_l$ – набор параметров слоя, $\tilde{\mathbf{f}}$ – некоторая нелинейная вектор-функция, осуществляющая преобразование сигнала. Если мы формально запишем $\tilde{\mathbf{f}} = \boldsymbol{f}\Delta t$ ($\Delta t = 1$), то уравнение (1) примет вид

$$\frac{\boldsymbol{x}_{l+1} - \boldsymbol{x}_l}{\Delta t} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}_l, \boldsymbol{q}_l), \quad (2)$$

что является стандартной записью хорошо известной классической схемы Эйлера первого порядка дискретизации ODE

$$\frac{d\boldsymbol{x}(t)}{dt} = \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t), \boldsymbol{q}(t)). \quad (3)$$

Таким образом, мы можем утверждать, что при формальном предельном переходе к ANN с бесконечным числом слоев ($l \to \infty$), процесс распространения сигнала (преобразования параметров рассматриваемого явления или процесса в предсказание сети) в ней может быть описан как траектория $\boldsymbol{x}(t)$, отвечающая решению уравнения (3). При этом начальное условие в уравнении $\boldsymbol{x}_0 = \boldsymbol{x}(0)$ – это соответствующий входной вектор для сети, а решение в некоторый, определенным образом выбранный, финальный момент времени T представляет предсказание сети $\boldsymbol{y} = \boldsymbol{x}(T)$.

В данной работе нами будет более подробно и последовательно описан данный формализм, в частности будет получена конечная форма ODE, соответствующего полносвязной ИНС и расчетные формулы обратного распространения ошибки для эффективного обучения сети.

Построение задачи

Основу большинства методов машинного обучения представляет задача восстановления функциональной зависимости $\boldsymbol{y} = \tilde{\mathbf{f}}(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{q})$ некоторого целевого показателя $\boldsymbol{y} \in R^{n_{out}}$ исследуемого явления или процесса от набора измеримых параметров процесса $\boldsymbol{x} \in R^{n_{in}}$ и некоторых скрытых параметров модели $\boldsymbol{q} \in R^{n_0}$ специфичных для используемого метода.

Так, например, для классической линейной регрессии предполагается линейная зависимость скалярного ($n_{out} = 1$) целевого показателя от наблюдаемых параметров

$$y = q_0 + q_1 x_1 + q_2 x_2 + \cdots + q_{n_{in}} x_{n_{in}}, \quad (4)$$

и в процессе обучения подбирается оптимальный набор параметров модели $\boldsymbol{q}$ ($n_0 = n_{in} + 1$), при котором результат предсказания наиболее точно соответствует известным результатам измерений – обучающему набору данных, состоящему из пар $\left(\boldsymbol{x}^{(k)}, y_{real}^{(k)}\right)$ для $k = 1, 2, \ldots, n_{train}$, где n_{train} – это полное число элементов в обучающем наборе данных (например, количество размеченных фотографий, то есть фотографий с уже известным классом в задаче классификации изображений, которые могут быть использованы для обучения классификатора).

Другой пример – это случай полносвязной ANN, когда векторной функцией $\tilde{\mathbf{f}}$ является композиция векторных функций отдельных слоёв сети

$$\tilde{\mathbf{f}}_l(\boldsymbol{x}_l, W_l, \boldsymbol{b}_l) = \boldsymbol{\sigma}(W_l \mathbf{x}_l + \boldsymbol{b}_l), \quad (5)$$

где l – это номер слоя, $\boldsymbol{\sigma}$ – функция активации (например, сигмоидальная), W_l – матрица весов нейронов данного слоя, а $\boldsymbol{b}_l$ – вектор смещений нейронов. То есть для полносвязной ANN скрытые параметры – это веса и смещения нейронов всех слоёв.

Обучение в контексте регрессионных и нейросетевых моделей – это итеративный процесс подстройки параметров $\boldsymbol{q}$ модели с использованием известного обучающего набора данных. Формально данный процесс можно описать как минимизацию некоторого функционала потерь $L = L\big(\boldsymbol{x}(T)\big)$, зависящего от степени отклонения предсказаний сети от правильных ответов (или эквивалентно – зависящего от скрытых параметров модели). Отметим, что классическим подходом для обучения является стохастический метод градиентного спуска [9] и связанный с ним метод обратного распространения ошибки [10], при которых на каждой итерации происходит эффективное вычисление градиента функционала потерь и малое изменение параметров сети в направлении, противоположном этому градиенту.

Для получения формул обучения нейросетевых структур, представленных в форме ODE, рассмотрим общий случай многослойной структуры и перепишем дискретизацию Эйлера (2) для модельного ODE (3) в форме

$$\boldsymbol{x}(t_{l+1}) = \boldsymbol{x}(t_l) + \Delta t \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l), \boldsymbol{q}(t_l)), \quad (6)$$

из которой следует

$$\frac{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)} = I + \Delta t \frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l), \boldsymbol{q}(t_l))}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)}, \quad (7)$$

где I –единичная матрица. Применяя формулу дифференцирования по частям и используя (7), для производной функционала потерь по входу -ого слоя можем записать

$$\boldsymbol{a}(t_l) = \frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)} = \frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})} \frac{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)} = \boldsymbol{a}(t_{l+1}) \left(I + \Delta t \frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l), \boldsymbol{q}(t_l))}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)}\right), \quad (8)$$

и тогда имеем

$$\frac{\boldsymbol{a}(t_{l+1}) - \boldsymbol{a}(t_l)}{\Delta t} = -\boldsymbol{a}(t_{l+1}) \frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l), \boldsymbol{q}(t_l))}{\partial \boldsymbol{x}(t_l)}, \quad (9)$$

то есть введенный нами вектор $\mathbf{a}(t) = \frac{\partial \mathrm{L}}{\partial \mathbf{x}(\mathrm{t_l})}$ удовлетворяет ODE (в пределе $\Delta \mathrm{t} \to 0$)

$$\frac{d\boldsymbol{a}(t)}{dt} = -\boldsymbol{a}(t)\frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t),\boldsymbol{q}(t))}{\partial \boldsymbol{x}(t)}. \quad (10)$$

Теперь мы можем рассмотреть зависимость функционала потерь от скрытых параметров модели $\boldsymbol{q}$. Вновь дифференцируя формулу (6), но уже по $\mathbf{q}(\mathrm{t_l})$, мы можем записать

$$\frac{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})}{\partial \boldsymbol{q}(t_l)} = \Delta t \frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l),\boldsymbol{q}(t_l))}{\partial \boldsymbol{q}(t_l)}, \quad (11)$$

и тогда

$$\frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{q}(t_l)} = \frac{\partial L}{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})}\frac{\partial \boldsymbol{x}(t_{l+1})}{\partial \boldsymbol{q}(t_l)} = \boldsymbol{a}(t_{l+1})\Delta t \frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t_l),\boldsymbol{q}(t_l))}{\partial \boldsymbol{q}(t_l)}, \quad (12)$$

или в форме вариаций

$$\frac{\delta L}{\delta \boldsymbol{q}(t)} = \boldsymbol{a}(t)\frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t),\boldsymbol{q}(t))}{\partial \boldsymbol{q}(t)}. \quad (13)$$

Далее, в соответствии с методом градиентного спуска, мы можем записать итоговую формулу для обновления параметров модели в процессе обучения

$$\Delta \boldsymbol{q}(t) = -\lambda \frac{\delta L}{\delta \boldsymbol{q}(t)} = -\lambda \boldsymbol{a}(t)\frac{\partial \boldsymbol{f}(\boldsymbol{x}(t),\boldsymbol{q}(t))}{\partial \boldsymbol{q}(t)}, \quad (14)$$

где λ – это положительный параметр скорости обучения (один из гиперпараметров ANN, наряду с конечным временем T интегрирования уравнения (3)).

Мы можем использовать построенный формализм для представления классических полносвязных ANN в форме ODE. Действительно, в данном случае функция $\mathbf{f}$ будет соответствовать преобразованиям сигнала отдельными слоями сети в соответствии с формулой (5). Однако, поскольку мы устремляем количество слоёв к бесконечности, то действие каждого из слоёв должно быть достаточно малым (пропорциональным Δt), то есть для -ого слоя мы должны положить

$$W_l = \boldsymbol{I} + w_l \Delta t, \quad \boldsymbol{B}_l = \boldsymbol{b}_l \Delta t, \ \boldsymbol{\sigma}_l(\boldsymbol{r}) = \boldsymbol{r} - \mu r^3 \Delta t, \quad (15)$$

и тогда полносвязная ANN может быть представлена в форме ODE (3) с правой частью

$$\mathbf{f}\big(\mathbf{x}(\mathrm{t}), \mathrm{W}(\mathrm{t}), \boldsymbol{b}(\mathrm{t})\big) = \mathrm{W}(\mathrm{t})\mathbf{x}(\mathrm{t}) + \boldsymbol{b}(\mathrm{t}) - \mu \mathbf{x}^3(\mathrm{t}). \quad (16)$$

Отметим, что в данном случае роль параметров модели $\mathbf{q}(\mathrm{t})$ играют веса нейронов в форме матричной функции $\mathrm{W}(\mathrm{t})$ и смещения нейронов в форме векторной функции $\boldsymbol{b}(\mathrm{t})$, которые являются непрерывными функциями времени.

Используя производную функции (16) по $\mathbf{x}(\mathrm{t})$

$$\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}(\mathrm{t})} = \mathrm{W}(\mathrm{t}) - 3\mu \mathbf{x}^2(\mathrm{t})\mathrm{I}, \quad (17)$$

мы можем, посредством решения уравнения обратного распространения ошибки (10) вычислить $\mathbf{a}(\mathrm{t})$, а затем обновить параметры модели в соответствии с формулой (14) и производными

$$\frac{\partial \mathbf{f}_k}{\partial \mathrm{W}_{ij}(\mathrm{t})} = \delta_{ki}\mathbf{x}_j(\mathrm{t}), \quad (18)$$

$$\frac{\partial \mathbf{f}_k}{\partial \boldsymbol{b}_j(\mathrm{t})} = \delta_{kj}. \quad (19)$$

Таким образом, каждую из итераций процесса обучения полносвязной ANN в форме ODE можно производить в соответствии со следующим алгоритмом:

1. Решить ODE (3) с правой частью $\mathbf{f}\big(\mathbf{x}(\mathrm{t}), \mathrm{W}(\mathrm{t}), \boldsymbol{b}(\mathrm{t})\big)$ вида (16) и получить решение $\mathbf{x}(\mathrm{t})$ ($0 \le \mathrm{t} \le \mathrm{T}$) в дискретном наборе точек $\mathrm{t}_1 = 0, \mathrm{t}_2, \dots, \mathrm{t}_n = T$;

2. Вычислить производные (17), (18) и (19) правой части $\mathbf{f}\big(\mathbf{x}(\mathrm{t}), \mathrm{W}(\mathrm{t}), \boldsymbol{b}(\mathrm{t})\big)$ в дискретном наборе точек;

3. Решить ODE (10), используя вычисленную $\frac{\partial \mathbf{f}}{\partial \mathbf{x}(\mathrm{t})}$, и получить решение $\mathbf{a}(\mathrm{t})$ ($0 \le \mathrm{t} \le \mathrm{T}$) в дискретном наборе точек $\mathrm{t}_1 = 0, \mathrm{t}_2, \dots, \mathrm{t}_n = T$;

4. Обновить значения параметров модели $\mathrm{W}(\mathrm{t})$ и $\boldsymbol{b}(\mathrm{t})$ в соответствии с формулой (14), используя вычисленные $\frac{\partial \mathbf{f}_k}{\partial \mathrm{W}_{ij}(\mathrm{t})}$ и $\frac{\partial \mathbf{f}_k}{\partial \boldsymbol{b}_j(\mathrm{t})}$.

Результаты

На сегодняшний день ANN стали практически незаменимыми в приложениях, связанных с задачами машинного зрения, машинного перевода, преобразования речи в текст, рубрикации текстов, обработки видеоданных и т.д. В ближайшие годы методы ANN начнут активно применяться в системах автономного вождения автомобилей и летательных аппаратов, автономных роботизированных системах на производстве, в автоматизированных биомедицинских системах и других

робототехнических приложениях. Однако для практического использования нейросетевых методов в целях ускорения развития научно-технического и технологического комплекса страны необходимо довести новые алгоритмические идеи и разработки до стадии практического применения, т.е. разработать технологические модели прикладного применения новых методов.

В данной работе была продемонстрирована возможность перехода от классического рассмотрения ANN в форме упорядоченных слоёв искусственных нейронов к их компактному представлению в форме модельного ODE вида (3). Входной вектор ANN соответственно становится начальным условием для ODE, а решение ODE в некоторый фиксированный момент времени играет роль выхода (предсказания) ANN. При этом процесс обучения подобной сети происходит в соответствии с легко реализуемым алгоритмом, представленным в конце предыдущего раздела и являющегося фактически непрерывным аналогом классического дискретного алгоритма обратного распространения ошибки в ANN.

Отметим два очевидных преимущества, связанных с подобным переходом от ANN к ODE. Во-первых, для ODE существует богатая и развитая теория, формировавшаяся веками, включая условия разрешимости, стабильности и т.д. Соответственно эта теория может быть в перспективе распространена и на нейросетевой подход, что создаст строгую доказательную базу для алгоритмов машинного обучения. Во-вторых, как известно, использование глубоких ANN позволяет получать более корректные предсказания и моделировать предметные области недоступные для однослойных сетей ввиду иерархического характера обучения глубоких сетей – каждый последующий слой сети настраиваться на распознавание все более тонких деталей исследуемого явления или процесса. При этом ODE, как отмечалось во Введении к работе, являются предельным случаем, соответствующим бесконечному числу слоев в сети. Таким образом можно ожидать потенциально существенно более высокой предсказательной способности алгоритмов машинного обучения, построенных на основе ODE, и мы полагаем, что дальнейшие исследования позволят выявить всю мощь и перспективы дальнейшего развития рассмотренного в данной работе подхода.

ЛИТЕРАТУРА

[1] R.S Michalski, J.G. Carbonell, T.M. Mitchell. Machine learning: An artificial intelligence approach. Springer Science & Business Media, 2013.

[2] Frank Rosenblatt. The perceptron: A probabilistic model for information storage and organization in the brain. Psychological review, 65(6):386, 1958.

[3] LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. Nature, 521(7553), 436-444.

[4] Cohen, N., Sharir, O., & Shashua, A. On the expressive power of deep learning: a tensor analysis. arXiv preprint arXiv:1509.05009 (2015).

[5] Qianli Liao and Tomaso Poggio. Bridging the gaps between residual learning, recurrent neural networks and visual cortex. arXiv preprint arXiv:1604.03640, 2016.

[6] Tian Qi Chen, Yulia Rubanova, Jesse Bettencourt, and David K Duvenaud. Neural ordinary differential equations. In Advances in Neural Information Processing Systems, 6571–6583, 2018.

[7] Bo Chang, Minmin Chen, Eldad Haber, and Ed H. Chi. Antisymmetric RNN: A dynamical system view on recurrent neural networks. In International Conference on Learning Representations, 2019.

[8] Xinshi Chen. Review: ordinary differential equations for deep learning. arXiv preprint arXiv: 1911.00502, 2019.

[9] L. Bottou. Large-scale machine learning with stochastic gradient descent. In Proceedings of COMPSTAT'2010, 177–186. Springer, 2010.

[10] D.E Rumelhart, G.E. Hinton, R.J. Williams. Learning representations by back-propagating errors. Nature, 323(6088):533–538, 1986.

Салыкова О., Иванова И., Салыков Б.

Визиалық нұсқауларды тану үшін нералды желілерді тиімді үйрену

Түйіндеме. Бұл жұмыста біз жасанды нейронды желілерді салу мен оқытудың қазіргі заманғы тәсілдерін қарастырамыз. Біз терең желілердің дифференциалдық теңдеулермен тығыз байланысын көрсетеміз, бұл мәліметтерді талдау тапсырмаларының кең спектрі үшін супер терең нейрондық желілерді тиімді модельдеуге мүмкіндік береді

Түйін сөздер: жасанды интеллект, терең оқыту, жасанды нейрондық желілер, қарапайым дифференциалдық теңдеулер, бейнелерді автоматты тану.

УДК 004.421

F. Satybaldiyeva[1], R. Beisembekova[1], A. Saribayev[2], A. Kultas[3]
([1]Satbayev University, Almaty, Kazakhstan,
[2] Kazakh Academy of Transport and Communications named after Tynyshpayev, Almaty, Kazakhstan,
[3]Kazakh National Art academy named after T.Zhurgenov , Almaty, Kazakhstan,
e-mail: r.beisembekova@satbayev.university)

DEVELOPMENT OF MAXIMUM POWER MODELS OF POWER SYSTEM BASED ON PHOTO PANEL DURATION

Abstract. In order to simulate the photovoltaic system, it is necessary to choose the simulation environment, the simplicity of describing the model and its modifications, as well as the visibility of the calculated results, taking into account the suitability of the model. The purpose of the study is to achieve maximum solar panel output power in any environment. In addition, regulating the output of a solar panel is considered instead of adjusting its output voltage. Thus, an inverter with a maximum output power of PV was developed and implemented. This adjustable FP converter can also be used in a satellite subsystem between the power supply unit and the power conversion unit (DC-DC converter).

Key words: photopanel, angle of incidence, heliostat, energy of sunlight, MPPT

Ф. Сатыбалдиева[1], Р. Бейсембекова[1], А. Сарибаев[2], А. Култас[3]
(Сәтбаев университеті, Тынышпаев атындағы транспорт және телекоммуникация академиясы,
Т.Жургенов атындағы ҚазҰӨА)

ФОТОПАНЕЛЬМЕН КҮН ЭНЕРГИЯСЫН ТҮРЛЕНДІРУ НЕГІЗІНДЕГІ АҢДУ ЖҮЙЕСІНІҢ МАКСИМАЛЬДЫ ҚУАТ АЛУ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ

Аңдатпа. Фотоэлектрлік жүйені модельдеу үшін модельдің жарамдылығын ескере отырып, модельдеу ортасын, модельді сипаттау ыңғайлылығын және оған өзгерістер енгізуін, сондай-ақ есептелген нәтижелердің көрінуін таңдау қажет. Зерттеудің мақсаты кез-келген қоршаған орта жағдайында күн панелінің максималды шығу қуатын жеткізу болып табылады. Сонымен қатар, күн панелінің шығу қуатын реттеу оның шығу кернеуін реттеудің орнына қарастырылады. Осылайша, қол жеткізілетін максималды шығыс қуатын беретін фото панель (ФП) түрлендіргіші жасалынған және енгізілген. Бұл реттелетін ФП түрлендіргішін, сонымен қатар электр энергиясын өндіру блогы мен қуат түрлендіру блогы (DC-DC түрлендіргіші) арасындағы жерсеріктің қуат ішкі жүйесінде пайдалануға болады.

Кілттік сөздер: фотопанель, тіректі бұрылысты механизм (ТБМ), Күн сәулесінің энергиясы, максимальды қуат алу технологиясы (МҚАТ).

Кіріспе

Күннің көтерілу бұрышы көбіне бір-бірімен алмастырылатын биіктік бұрышы – бұл күннің бұрыштық биіктігі көлденең жазықтықта өлшенеді. Күн шыққан кезде таңертеңгілік 0°, ал түс кезінде 90°болған. Соңғысы максималды бұрыш биіктігі деп аталады және бұл бұрыш фотоэлектрлік дизайндағы маңызды параметр орналасқан жері және жылдың күніне тәуелді биіктік бұрышы күні бойы белгілі бір ендікке байланысты болады.

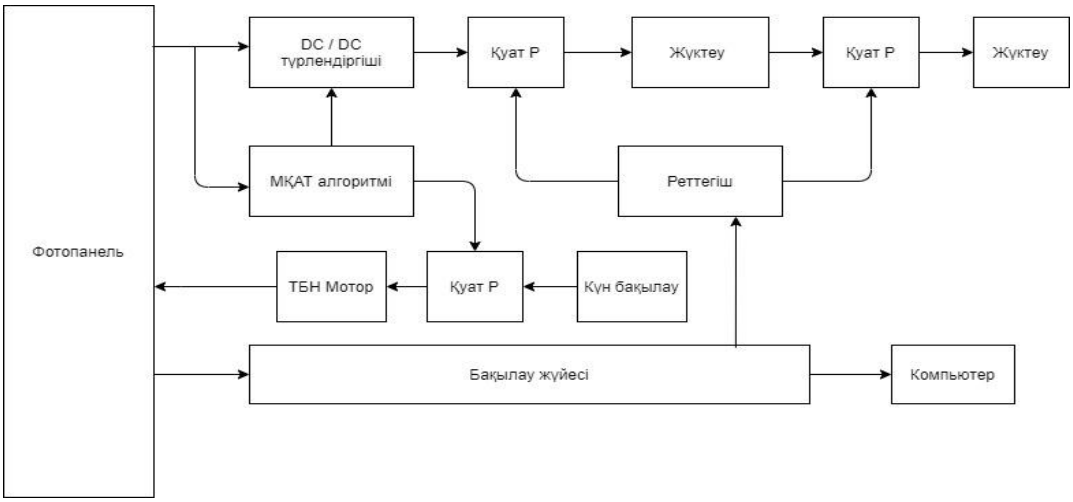
Зерттеу әдістері

Тіректі бұрылысты механизм Күн панелі (КП) басқару имитациялық модель 1 -суретте сұлбасы төменде көрсетілген. Сұлбадағы максимальды қуат нүктесі (МҚН) кубты полином жүйесінде жасалынған алгоритм негізінде максимальды Күн сәулелену тұрақтануын аңдиды және берілген координата бойынша ФП тұрақтандырады. Тіректі бұрылысты нүктелі мотор сигналды ФП береді және алгоритм бойынша бақылау жүргізіледі.

Максималды биіктік бұрышы қарапайым ФП жүйесінде де қолданылады, дәлірек ФП жүйесін модельдеу білімді қажет етеді биіктік бұрышы күні бойы өзгеретіні туралы биіктігін бұрышын (1) өрнегін пайдаланып табуға болады.

$$\beta_{s=} sin^{-1(cos\gamma cos\delta cos\phi + sin\delta sin\phi)} \quad (1)$$

мұндағы γ – сағаттық бұрыш δ – жергілікті ендік, және δ –Жердің бұрылу бұрышы



Сурет 1. Модельде қолданылатын ТБМ фотопанель сұлбасы

Күн (2) өрнегін қолданып азимутты есептеуге болады, алайда, бұл бұрышты анықтау үшін, көлбеу Жер, δ экваторға қатысты алдымен (3) есептелінеді

$$\alpha_s = \cos -1 \frac{(cos\delta sin\phi - cos\gamma sin\delta\, cos\phi c)}{cos\beta_s} \quad (2)$$

$$\delta = 23{,}45^0\, sin\left[\frac{2\pi}{365}(284 + d)\right] \quad (3)$$

$d -$ жылдың өлшеу жүргізілген күні

Жер бетіндегі күн сәулесінің жалпы сағаттық сәулеленуі қисайған ФП модулі үш компоненттен тұрады. Бұларға тік сәуле I_{TC}, жатады, ол негізгі болып табылатын компонент; I_D диффузиялық сәулелену идентификациясы және шағылысқан сәулелену $I_{ШС}$. Тікелей сәулені есептеу үшін жиі қолданылатын модель ASHRAE берген теңдеуі түрінде берілген [1].

$$I_{\text{ТС}} = \left(1160 + 75\sin\left[\frac{2\pi}{365}(d - 275)\right]\right)e^{-km} \quad (4)$$

мұндағы k және m – ауа массасының қатынасы және оптикалық тереңдік. Олар сәйкесінше (5) және (6) теңдеулері көмегімен есептеледі.

$$k = 0.174 + 0.035\sin\left[\frac{2\pi}{365}(d - 100)\right] \quad (5)$$

$$m = \frac{1}{\sin\beta_S} \quad (6)$$

Енді тікелей күн сәулесінің қисық беткейге перпендикуляр мөлшерін (7) теңдеумен анықталады.

$$I_B = I_{\text{ТС}}\left[\cos\beta_S\cos(\alpha_s - \alpha_p)\sin\tau + \sin\beta_S\cos\tau\right] \quad (7)$$

I_B көлденең бетіндегі диффузды сәулелену болып табылады, және қисық беттер тек аспанның бір бөлігін ғана көре алады, сондықтан қисайтылған бет жазықтығындағы диффузды сәулелену (8) теңдеуінде келтірілгендей анықталады.

$$I_{\text{Д}} = CI_{\text{ТС}}\left(\frac{1 + \cos\tau}{2}\right) \quad (8)$$

мұндағы С келесідей

$$C = 0.095 + 0.04\sin\left[\frac{2\pi}{365}(d - 100)\right] \quad (9)$$

Сол сияқты, қисық бетке түскен жердің сәулеленуі (10) теңдеуімен анықталады, мұндағы ρ - жердің шағылысуы, τ - бетінің қисаю бұрышы.

$$I_{\text{Ш}} = \rho I_B(\sin\beta_S + C)\left(\frac{1 - \cos\tau}{2}\right) \quad (10)$$

Сондықтан тәуліктің кез келген уақытта қисайтылған ФП модульдерінің немесе массивтерінің жазықтықтарында алынған жалпы сәулелену (7), (8) және (10) теңдеулерімен біріктіріледі.

$$I_Ж = I_В + I_Д + I_Ш \quad (11)$$

Пайыздық энергия өсімін (ПЭК) есептеу өрнегі (12) түрінде берілген Бұл бақылау жүйесінің тиімділігін бағалау үшін қажет.

$$ПЭК = \frac{E_{ФП-(E_{FX}+E_{ТБМ})}}{E_{FX}} \times 100\% \quad (12)$$

мұндағы $E_{ФП}$ - күнделікті бақылаумен өндірілетін энергия жүйе, бақылаусыз өндірілетін энергия, ал $E_{ТБМ}$ – бұл бақылау жүйесімен тұтынылатын энергия. $E_{ФП}$ қуаттың номиналды қуатын есептегенде мотор 22 Вт 210 сек (мысалы, 90) биіктік және азимут осіне 120 секундта 1,3 Вт құрайды Күн панелінің моделі күн ұяшығына арналған екі диодты модель деректер кестесінің мәндеріне негізделіп, берілген теңдеулер аталған модельді қысқаша сандық бағалауға мүмкіндік береді. Күн ФП арналған екі диодты модельдің эквивалентті тізбегінде жалпы ток-кернеу сипаттамасы берілген.

$$i = I_{фп} - I_0\left(e^{\frac{(v+iR_к)}{V_T}} - 1\right) - \frac{v + iR_к}{R_п}, V_T = \frac{nkT}{q} \quad (13)$$

Модельдің бес белгісіз параметрлері бар: $I_{фп}$, I_0, n, $R_к$ және $R_п$. Біз білетініміздей, күн панелі бірнеше ұяшық тізбегінің параллельді тіркесімінен тұрады, ал қатарда бірнеше ұяшық бар. Сонымен, күн панелі үшін модель жасауға болады. Күн панеліне арналған бір диодты модель деректер кестесінің мәндеріне негізделіп, ешқандай өлшеусіз жасалады. Фотопанелі np қатардан тұрады, әр жол ns сериялы ұяшықтардан тұрады деп болжанады. ФП үшін жалпы ток кернеуінің сипаттамасын сипаттау үшін (14) теңдеуді кеңейтуге болады [2]. Қарастырайық

$$i = I_{фп} - n_p I_0\left(e^{\frac{(v+iR_к)}{a}} - 1\right) - \frac{v + iR_п}{R_к}, a = \frac{n_S nkT}{q} \quad (14)$$

Жоғарыда айтылғандай, күн белгісінің моделін сипаттау үшін бес, $I_{фп}$, I_0, n, $R_к$ және $R_п$ параметрлері қажет. Үлгі параметрлерін алу үшін (15) үш жұмыс нүктесінде қарастырылады; қысқа тұйықталу, ашық тізбек және максималды қуат нүктесі (МҚН). (15) – (18) теңдеулері аталған нүктелердегі модельдің әрекетін түсіндіреді. МҚН -дегі ток туындысы нөлге тең болғандықтан, төртінші қатынасты (14) туындысы арқылы білдіруге болады. Содан кейін туынды МҚН -де қарастырылады және ол (17) әкеледі. Қарастырайық

$$I_{фп} = I_{фп} - n_p I_0\left(e^{\frac{(I_{sc}R_к)}{a}}\right) - \frac{I_{sc}R_п}{R_к} \quad (15)$$

$$I_{ос} = 0 = I_{фп} - n_p I_0\left(e^{\frac{V_{ос}}{a}}\right) - \frac{V_{ос}}{R_п} \quad (16)$$

$$I_{мқн} = I_{фп} - n_p I_0 e^{\frac{(V_{мқн}+I_{мқн}R_к)}{a}} - \frac{V_{мқн} + I_{мқн}R_к}{R_п} \quad (17)$$

$$I_{мқн} + V_{мқн}\frac{-(\left(\frac{n_p I_0}{a}\right)e^{\frac{(V_{мқн}+I_{мқн}R_п)}{a}} + \frac{1}{R_P})}{1 + R_к(\left(\frac{n_p I_0}{a}\right)e^{\frac{(V_{мқн}+I_{мқн}R_п)}{a}} + \frac{1}{R_п})} = 0 \quad (18)$$

Соңғы талап етілетін қатынасты анықтау үшін екі жол бар. [3-7] -де қысқа тұйықталу нүктесіндегі I-V қисығының моделі параллель кедергі ретінде қарастырылды. Кейбіреулері өндірушілер мәлімдеген температура коэффициенттерін қолданды [4]. Бұл зерттеуде қысқа тұйықталу нүктесіндегі I-V қисықтарының көлбеуі де қолданылады, соның нәтижесі

$$\frac{-1}{R_п} = +V_{мкн}\frac{-(\left(\frac{n_p I_0}{a}\right)e^{\frac{(I_{sc}R_S)}{a}} + \frac{1}{R_п})}{1 + R_к(\left(\frac{n_p I_0}{a}\right)e^{\frac{(I_{sc}R_S)}{a}} + \frac{1}{R_к})} \quad (19)$$

Бұл зерттеуде модельдің сериялы және маневрлік тұрақтылығы өндірушілердің деректерінде шектеулерге байланысты өзгермейтін болып саналады. Өндірушілер ұсынған мәліметтерді стандартты жағдайда қолдана отырып, бес сызықтық теңдеу шешіледі, ал модель стандартты жағдайда анық

болады (сәулелену = 1000 Вт / м2; температура = 25C). Ньютон әдісі келесі сызықтық емес теңдеулерді шешу үшін таңдалады [7]:

$$R = f_i\left(I_{ph}, I_0, a, R_S, R_P\right) = 0, i = 1,2,\dots,5, \quad J = (R) = \frac{\partial(f_1,\dots,f_5)}{\partial\left(I_{ph}, I_0, a, R_к, R_п\right)} \tag{20}$$

Осы зерттеуде жоғарыда аталған бес сызықтық теңдеулерді шешуде конвергенция болу үшін, шешудің тәсіліне модификация ұсынылады. Теңдеулерді шешу үшін $x_0 = I_{ph}, I_0, a, R_s, R_p$] бастапқы нүктесі анықталуы керек, R және J матрицалары да сол нүктеде қарастырылады. Сонымен, δx (19) және демек, (20) теңдеулердің түбірін жаңа бағалауды айтады. Қарастырайық

$$J^k \delta x^k = -R^k \tag{21}$$

$$x_{жаңа} = x_{соңғы} + \delta x \tag{22}$$

Алдыңғы итерация қате жіберілген деңгейден аз болғанға дейін жаңа басталу нүктесінде ($x_{жаңа}$) қайталанады. Соңында, сәйкес конвергенцияға жету үшін (23) қосу үшін модификация коэффициенті ($0 < \alpha < 1$) қажет екендігі анықталды. Қарастырайық

$$x_{жаңа} = x_{соңғы} + \alpha \times \delta x \tag{23}$$

Модификацияланған тәсіл ұсынылған коэффициентті түзету арқылы күн панелінің модельдік теңдеулерін шешуге жақсы жауап береді.

Бастапқы модельдердің параметрлерін шығару. Модельдік теңдеулер мен шешудің тәсілі MATLAB Simulink ортасында жүзеге асырылады, ал белгісіз параметрлердің бастапқы мәндері стандартты күйде алынады.

1а,б – кестеде мәліметтер кестесіне негізделген стандартты жағдайда зерттелетін күн панелінің электрлік сипаттамалары келтірілген.

Модель параметрлері	Мәні
I фп(A)	2.98
$V_{ос}$(V)	20.5
$I_{мкн}$(A)	2.703
$V_{мкн}$(V)	16.5
$P_{мкн}$ (W)	42
η_s	36
η_p	1
k_i (%/°C)	0.007
k_u (%/°C)	−0.038

Модель параметрлері	Мәні
$I_{фп}$(A)	2.9611
I_0(A)	$4/7561*10^5$
α	1.3205
$R_к$ (Ω)	0.2362
$R_{фп}$(Ω)	617.5891

1б – кестеде шешілген сызықтық емес теңдеулер тәсіліне негізделген стандартты жағдайда модель параметрлерінің алынған бастапқы мәндері келтірілген. Осыдан басқа қоршаған орта жағдайларында күн панельдерінің әрекетін болжау үшін модель параметрлері белгілі болуы керек.

Қысқа тұйықталу және ФП тудыратын токтардың сәулеленумен сызықтық байланысы бар, олар төменде көрсетілген [2-4]:

$$I_{sc}(G) = I_{sc}(G_0) \times \frac{G}{G_0} \tag{24}$$

$$I_{ph}(G) = I_{ph}(G_0) \times \frac{G}{G_0}$$

Қысқа тұйықталу тогының температураға тәуелділігі төмендегідей болады: [4-9]:

$$I_{sc}(T) = I_{sc}(T_0)\left(1 + \frac{k_i}{100}(T - T_0)\right) \tag{25}$$

Сондықтан (24) қысқа тұйықталу тогының қоршаған орта жағдайына жан-жақты байланысын айтады, мұндағы k_i - I_{sc}температура коэффициенті және оны өндірушілер айтады. Қарастырайық

$$I_{sc}(G, T) = I_{sc}(G_0, T_0) \times \frac{G}{G_0} \times \left(1 + \frac{k_i}{100}(T - T_0)\right) \tag{26}$$

Алдыңғы теңдеуді, сонымен қатар, фото-токтың қоршаған орта жағдайына тәуелділігін сипаттау үшін де қолдануға болады [1-5]. Қараңғы қанығу тогы мен ашық тізбектегі кернеудің қоршаған орта жағдайына тәуелділігін (3.3) және (3.4) пайдалануға болады. Анықтама [6] (27) – де көрсетілгендей,

күңгірт қанығу тогы сәулеленуге де, температураға да байланысты. Бұл теңдеу модельдің шексіз параллель кедергісімен (26) алынған. Қарастырайық

$$I_0(G,T) = \frac{I_{ph}(G,T)}{e^{\frac{V_{oc}(T)}{V_T}} - 1} \quad (27)$$

Қанықкан ток тек температураға тәуелді [8,9] түрінде болады:

$$I_0(T) = I_0(T_1)\frac{T}{T_1}\ e^{-(\frac{qE_g}{nk})(\frac{1}{T_1}-\frac{1}{T})} \quad (28)$$

[3]-те (25) және (26) теңдеуінде токтың қоршаған орта жағдайына тәуелділігін сипаттау үшін қолданылған. Көлеңкелі ток тек (29)-да сипатталғандай температураға тәуелді, ал теңдеудегі кейбір факторлар температураға тәуелді емес, кейбір түзетулерді қарастырайық:

$$I_0(T) = \left(I_{sc}(T) - \frac{V_{oc}(T) - I_{sc}(T)R_S}{R_p}\right)\ e^{-\frac{V_{oc}(T)}{n_s V_T}} \quad (29)$$

Бұл зерттеуде (3) және (4) қолдана отырып, қараңғы қанықкан токтың сәулелену мен температураға тәуелділігі толық дамыған. [7]. Қарастырайық

$$I_0(G,T) = \left(\frac{I_{sc}(G,T) - (V_{oc}(G,T) - \frac{I_{sc}(G,T)R_S}{R_p})}{n_p\,(e^{\frac{V_{oc}(G,T)}{a}} - e^{\frac{I_{sc}(G,T)R_S}{a}})}\right) \quad (30)$$

(25) пайдалану кернеудің стандартты температурада (T_0) сәулеленуге тәуелділігіне әкеледі. Қарастырайық

$$V_{oc}(G,T_0) = a\ \ln\left(\frac{I_{ph}(G,T_0)R_p - V_{oc}(G,T_0)}{n_p I_0(G,T_0)R_p}\right),\ a = \frac{n_S nkT_0}{q} \quad (31)$$

Екі рекурсивті сызықтық емес теңдеулер (30) және (31) кез-келген сәулелену деңгейінде, бірақ стандартты температурада көлеңке тогы мен ашық тізбек кернеуін анықтау үшін модификацияланған кез-келген қоршаған орта жағдайларына кернеудің тәуелділігі (G, T) Ньютон тәсілімен шешіледі:

$$V_{oc}(G,T) = V_{oc}(G,T_0) + k_v(T-T_0) = V_{oc}(G,T)\ln\left(\frac{I_{ph}(G,T_0)R_p - V_{oc}(G,T_0)}{n_p I_0(G,T_0)R_p}\right)\times a + k_v(T-T_0) = \frac{n_S nkT_0}{q} \quad (32)$$

мұндағы kv - бұл V_{oc} температура коэффициенті, оны өндірушілер де айтады. Демек, алынған V_{oc} (G, T) (18) күйіне қойғанда, кез-келген қоршаған орта жағдайларында да күңгірт қанық тогы көрсетіледі. Сондықтан, барлық аталған теңдеулерді қолдана отырып, модель тек деректер кестесінің мәндеріне негізделеді

$$i = I_{ph}(G,T) - n_p I_0(G,T)\left(e^{\frac{(v+iR_S)}{a}} - 1\right) - \frac{v+iR_S}{R_P}, a = \frac{n_S nkT}{q} \quad (33)$$

Сұлбаның негізгі компоненттерін (31) қолдана отырып, [7] келесідей таңдалады:

$$D_{min} = 1 - \frac{V_{in\,max}}{V_{out\,min}}, D_{max} = 1 - \frac{V_{in\,min}}{V_{out\,max}}, L > \frac{D * V_{in} * (1-D)}{f * 2 * I_{out}}, C > \frac{I_{out}}{V_{ripple} * f} \quad (34)$$

мұндағы D, f және V_{ripple} - сәйкесінше кезек күші, ауысу жиілігі және шығыс кернеуі. Бұл зерттеуде күн панелінің сипаттамаларына сүйене отырып (1 а,б -кесте), тізбек үшін келесі бастапқы мәліметтер келтірілген:

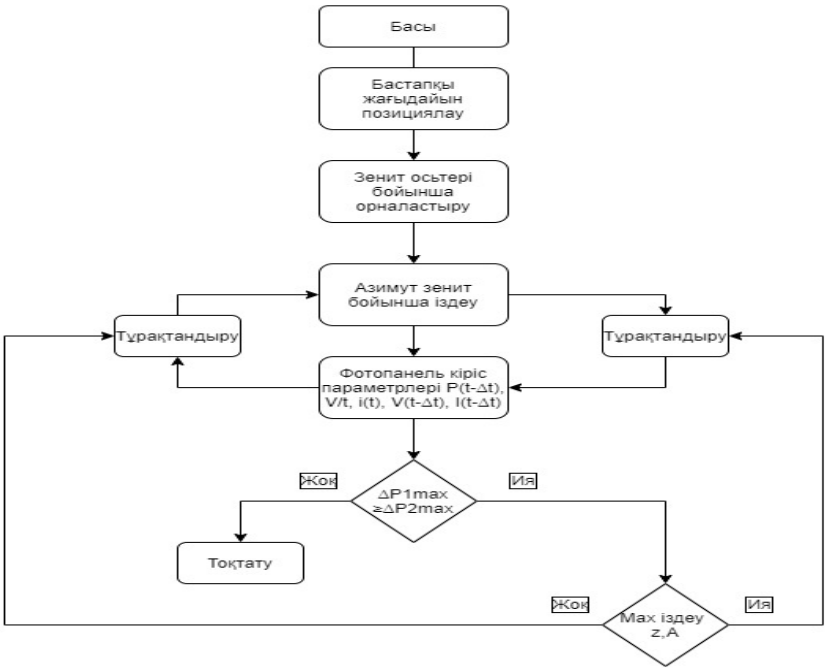
$$8V < V_{in} < 22V, 30 < V_{out} < 150V, V_{ripple-max} = 0.3V \quad (35)$$

Түрлендіргіштің МҚН бақылауында жеткілікті жылдамдыққа ие болуы үшін L (10 мГ) және C (5 μF) оңтайлы мәндері таңдалады. Әдетте МҚН -де екі параметр dP / dI және оның вариациялары Δ (dP / dI) анық емес енгізу ретінде қолданылады. Осы зерттеуде дамыған модельде Δ (dP / dI) сәйкес емес параметр болып табылады, ал басқа параметр таңдалады. Ұсынылған контроллердің кіріс айнымалылары болып табылады

$$\Delta V = V_i - V_{max}, \qquad \Delta P = P_i - P_{max} \quad (36)$$

мұндағы Vi және Pi - сәйкесінше күн панелінің кернеуі мен қуатының контроллер келесідей жұмыс істейді [6]. Егер Vi $V_{МҚН}$-ден алыс болса, онда бұлдыр контроллер тек бір кірісті (ΔV) пайдаланады, ал Vi V $V_{МҚН}$ -ге жақын болса, онда басқа параметр ΔP де қолданылады, ал контроллер екі кірісте болады. Бұл контроллер алдыңғы мәнге қатысты дәлдік пен тұрақтылық тұрғысынан жақсы жауап береді. [8-10].

Зерттеудің мақсаттары мен міндеттерін белгілеп және жүйенің шекараларын айқындау арқылы нақты жүйені 2-суретте жүйенің барлық бөліктері қарастырылатын және модельденетін осы зерттеуге ұсынылған жүйенің блок-схемасы көрсетілген. Алдын ала бұрыштық ауытқу ескерілген, есептелінген алгоритм бойынша жасалынды.



Сурет 2. Модельде қолданылатын ТБМ фотопанель алгоритмі

Математикалық модельді сандық әдістерді қолдануға ыңғайлы болатын формада ұсыну керек. Содан кейін белгісіз шамаларды іздеудің есептеу және логикалық операцияларының кезектілігін анықтау қажет. Есептеу алгоритмі модельдің негізгі қасиеттерін, демек, бастапқы объектіні бұрмаламауы керек. Алгоритм үнемді болуы керек және шешілетін міндеттердің ерекшеліктеріне бейімделуі керек.

Тұжырым

Имитациялық модельдер, әдетте, жүйенің элементтері арасындағы көптеген қатынастармен сипатталатын өте күрделі құрылымға ие, осы қатынастардың көбісі бағдарламаны орындау барысында динамикалық өзгерістерге ұшырайды. Қажетті модель, жалпы, кез келген әмбебап программалау тілінің көмегімен сипатталуы мүмкін, алайда кез-келген арнайы тілдердің бірі модельдің белгілі бір сипаттамаларында кейбір немесе басқа артықшылықтарға ие болуы мүмкін [11-14].

Жалпы қабылданған әдістемелер интеграциясында [15] ТБМ ФП максимальды қуат алу технологиясы (МҚАТ) мәндерін өңдеу және енгізу үрдісінде анықталған шектеулері бар тиімділеу принциптарын қалыптастыруға ФП параметрлерін тиімділеу әдісін ұсынуға мүмкіндіктер берді.

Ұсынылып отырған тапсырма моделін Simulink модельдер мен иерархиялық модельдерді жасауды жеңілдететін үлкен кітапхана блоктарын қамтиды.

Зерттеуде ТБМ ФП аңду жүйесінің дәлдігін анықтау модельдері мен әдістерін әзірлеудің негізгі ғылыми нәтижелерін береді

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] ASHRAE HVAC 2001 Fundamentals Handbook.pdf

[2] L. Castaner and S. Silvestre, Modeling Photovoltaic Systems Using Pspice, John Wiley & Sons, 2002.

[3] D. Sera, R. Teodorescu, and P. Rodriguez, "PV panel model based on datasheet values," in Proceedings of the IEEE International Symposium on Industrial Electronics (ISIE '07), pp. 2392–2396, June 2007.View at: Publisher Site | Google Scholar

[4] W. De Soto, S. A. Klein, and W. A. Beckman, "Improvement and validation of a model for photovoltaic array performance," Solar Energy, vol. 80, no. 1, pp. 78–88, 2006.View at: Publisher Site | Google Scholar

[5] N. Celik and N. Acikgoz, "Modelling and experimental verification of the operating current of mono-crystalline photovoltaic modules using four- and five-parameter models," Applied Energy, vol. 84, no. 1, pp. 1–15, 2007.View at: Publisher Site | Google Scholar

[6] R. Chenni, M. Makhlouf, T. Kerbache, and A. Bouzid, "A detailed modeling method for photovoltaic cells," Energy, vol. 32, pp. 1724–1730, 2007.View at: Google Scholar

[7] J. A. Gow and C. D. Manning, "Development of a photovoltaic array model for use in power-electronics simulation studies," IEE Proceedings, vol. 146, no. 2, pp. 193–200, 1999.View at: Publisher Site | Google Scholar

[8] M. M. Algazar, H. AL-monier, H. A. EL-halim, and M. E. E. K Salem, "Maximum power point tracking using fuzzy logic control," Electrical Power and Energy Systems, vol. 39, pp. 21–28, 2012.View at: Google Scholar

[9] S. Chin, P. Neelakantan, H. P. Yoong, and K. T. K. Teo, "Optimisation of fuzzy based maximum power point tracking in PV system for rapidly changing solar irradiance," Global Journal of Technology and Optimisation, vol. 2, no. 2, pp. 130–113, 2011.View at: Google Scholar

[10] M. Ashari and S. Anam, "A wide range fuzzy based maximum power point tracker for improving the efficiency and sizing of PV systems," Journal of Electrical Engineering, vol. 11, no. 2, p. 8, 2011.View at: Google Scholar

[11] T. Kelley, Solving Nonlinear Equations with Newton's Method; Fundamentals of Algorithms, Society of Industrial and Applied Mathematics, 2003.Musabekov, A. Saribayev, S. Kurakbayeva, A. Kalbayeva, S. Ismailov, N. Musabekov. The investigation of equation and algorithm of the mirror concentrating system movement news of the national academy of sciences of the republic of kazakhstan physico-mathematical series issn 1991-346x.

[12] Сатыбалдиева Ф.А., Исмаилов С.У., Бейсембекова Р.Н., Исмаилова М.С., Култас А., Кочерова А.Н. Тіректі-айналмалы механизмді күн панельсының жұмысын басқаруға арналған Heliostat_and_aktuator_01 бағдарламалық қамтамасыздандырудың мүмкіндіктеріне шолу жасау Вестник КазНТУ№3, Алматы 2015., стр.222-226ISBN 1680-9211

[13] С.У. Исмаилов, Р.Н. Бейсембекова, А.С. Сарибаев, А.А. Мусабеков, А.С. Исмаилова. Тіректі-бұрылысты механизмді гелиостатты басқару үшін ріс микроконтроллер негізінде күн қозғалысын бақылау жүйесінің электронды схемасы Доклады национальной академии наук республики казахстан №3, Алматы., 2016. стр. 66-71.

[14] D Beyer, A.S. Sarybaev. Development of methods for determining the tracking software systems accuracy, application of a wireless communication device and self-contained power supply in heliostat units with centralized monitoring and control system Computer modelling & new technologies 2017, Vol 21 No.1 Information and Computer Technologies pp.13-19 Manuscript received March 20.2017 Doi: ns_54art02_CMNT2101.

[15] F.A. Satybaldiyeva, R.N.Beysembekova, A.S.Sarybaev, G.J.Esenbekova. The development of intelligent systems for solar panels station and methods for determining the precision of the software tracking systems, the use of wireless communication device SCOPUS). Vol. 95 Issue 21 of the Journal of Theoretical and Applied Information Technology published on 15th November 2017 стр. 5848-5858.

Сатыбалдиева Ф., Бейсембекова Р., Сарибаев А., Култас А.

Разработка моделей максимальной мощности системы слежения солнечной энергии на базе фотопанели

Цель исследования - достичь максимальной выходной мощности солнечных панелей в любых условиях. Кроме того, рассматривается регулирование выходной мощности солнечной панели вместо регулировки ее выходного напряжения. Таким образом, был разработан и реализован инвертор с максимальной выходной мощностью PV. Этот регулируемый преобразователь FP может также использоваться в вспомогательной подсистеме между блоком питания и блоком преобразования энергии (преобразователь постоянного тока в постоянный).

Ключевые слова: фотопанель, угол падения, гелиостат, энергия солнечного света, ММСФ

УДК 004.9

Ye. Seitkulov, B. Yergaliyeva, D. Satybaldina
(Gumilyov Eurasian National University, Nu-Sultan, Kazakhstan
E-mail: seitkulov_y@enu.kz, yerzhan.seitkulov@gmail.com,
N. Arapov
RSE "Kazaeronavigatsiya", Kazakhstan.
M. Arapov
National Defense University, Kazakhstan)

SECURE OUTSOURCING OF CRYPTOGRAPHIC TRANSFORMATIONS

Annotation. The article explores mathematical methods for accelerating cryptographic transformations in classical asymmetric cryptography, and also develops a new method for accelerating transformations on an elliptic curve. The idea of the new approach is to develop new lightweight cryptographic systems and information protection technologies using the technology of secure outsourcing of computationally complex cryptographic transformations. In the framework of this work, we understand the term “lightweight cryptographic system” as a protocol system for client-server interaction, in which the client performs only light computing tasks, and the server performs all the difficult part of the work.

Keywords: cryptography, client-server interaction, secure outsourcing, fast computing.

Е.Н. Сейткулов[1], Н.К. Арапов[2], Б.Б. Ергалиева[1], М.К. Арапов[3], Д.Ж. Сатыбалдина[1]
([1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана.
[2]РГП «Казаэронавигация», Казахстан.
[3]Национальнай университет обороны им. Первого Президента РК - Елбасы, Казахстан.
email: seitkulov_y@enu.kz)

Безопасный аутсорсинг криптографических преобразований

Аннотация. В статье исследуются математические методы ускорения криптографических преобразований в классической ассиметричной криптографии, а также разработан новый метод ускорения преобразований на эллиптической кривой. Идея нового подхода заключается в разработке новых легковесных криптографических систем и технологий защиты информаций с использованием технологии безопасного аутсорсинга вычислительно-сложных криптографических преобразований. В рамках данной работы под термином «легковесная криптографическая система» мы понимаем как система протоколов клиент-серверного взаимодействия, в которой клиент выполняет только легкие вычислительные задачи, а вся сложная часть работы выполняет сервер.

Ключевые слова: криптография, клиент-серверное взаимодействие, безопасный аутсорсинг, быстрые вычисления.

Введение. Данная работа посвящена исследованию и разработке математических методов ускорения криптографических преобразований для их использования в системе безопасного обмена информацией в эпоху Интернета Вещей (IoT). Интеллектуальные карточки, чипы, смарт-карты и прочие технологически взаимосвязанные физически маленькие устройства, как правило, имеют значительные ограничения памяти, слабую вычислительную мощность, а также ограниченный запас питания. Тогда как практическая реализация криптографических преобразований и обработка больших данных в смарт-устройствах требует значительных вычислительных затрат. Поэтому возникает необходимость использования «легкой» криптографии для обеспечения безопасного и быстрого взаимообмена между ними. Развитие классической «Легковесной криптографии» идет по пути уменьшения количества раундов или уменьшения количества битов блока шифрования, и разрабатываются международные стандарты по их использованию. Однако данный подход уже не является перспективным, так как имеет свои существенные и очевидные недостатки: криптографическая стойкость будет снижена из-за снижения количества раундов и за счет других послаблений к требованиям безопасности. Поэтому возникает необходимость введения новой модели безопасной криптографической системы, а именно вводится новое понятие «легковесная криптографическая система». Данное понятие подразумевает комплекс криптографических

протоколов, обеспечивающий значительное ускорение криптографических вычислений на смарт-устройствах, не снижая уровень безопасности и стойкости к возможным атакам.

Идея нового подхода заключается в разработке новых легковесных криптографических систем и технологий защиты информаций с использованием технологии безопасного аутсорсинга вычислительно-сложных криптографических преобразований. Это одно их актуальных научных проблем ускорения клиент-серверного взаимодействия, безопасности облачных вычислений и интернета вещей. В рамках данной работы под термином «легковесная криптографическая система» мы понимаем системе протоколов клиент-серверного взаимодействия, в которой клиент выполняет только легкие вычисления, а вся сложная часть работы выполняет сервер. При этом суммарное время клиент-серверного взаимодействия должно быть меньше, чем, если клиент будет реализовать задачу самостоятельно.

Суть проблемы безопасного аутсорсинга вычислительно-сложных криптографических задач заключается в том, что клиент не может передать серверу все данные исходной вычислительно-сложной задачи, так как задача содержит секретные параметры. Поэтому, клиенту вначале нужно преобразовать свою задачу в другую вычислительную задачу, где уже секретная информация не может быть обнаружена. Полученная новая вычислительно-сложная задача отправляется в облако для его решения. Затем, результат облачной обработки передается обратно клиенту. Из этого промежуточного результата клиент самостоятельно должен суметь вычислить результат исходной вычислительно-сложной криптографической задачи за приемлемое для него время.

Следует отметить, что, вообще говоря, полученное решение некоторой задачи может не являться секретом. Например, пусть необходимо клиенту вычислить $y = x^d mod\, n$, причем d является секретным параметром клиента, в то время как целые n и e, такие что $ed \equiv 1\big(\varphi(n)\big)$, – общедоступны. Целое n есть произведение больших простых p и q. Если противнику станет известно числа y, x и n, то все равно определить секретный параметр d практически невозможно, и эта задача известна как проблема дискретного логарифмирования.

Отметим, что различными специалистами и исследователями в области безопасного аутсорсинга вычислительно-сложных задач проделаны множество научных работ. Эти работы составляют хороший математический аппарат для дальнейшего исследования в области безопасного аутсорсинга сложных вычислительно-сложных криптографических преобразований. В работе [1] представлены фундаментальные результаты исследования для ряда абстрактных уравнений.

В работе [2] разработаны некоторые новые протоколы безопасного аутсорсинга научных вычислений. Во-первых, описанные в ней протоколы и методы усовершенствованы и позволяют обеспечить защиту секретных параметров при решении линейных уравнений большой размерности. Во-вторых, на основе этих методов случайная функция (секретный параметр) может быть выбрана по-разному, и, следовательно, достигается лучшая безопасность и конфиденциальность. В-третьих, для нелинейных уравнений представлены больше приложений и новых методов. Эти инструменты помогают найти больше способов для решения линейных и нелинейных уравнений с использованием технологии безопасного аутсорсинга, в том числе, применительно к аутсорсингу криптографических преобразований.

В работе [3] представлены техника скрытия конфиденциальной информации при построении безопасного протокола аутсорсинга для вычисления характеристического полинома и собственных значений матрицы, что имеет важное значение в классической криптографии. При помощи этих протоколов достигаются желаемые характеристики, такие как конфиденциальность данных, проверяемость и эффективность. В работах [4-7] изучаются проблемы безопасного аутсорсинга для задач линейного программирования, вычисления скалярного произведения векторного и матричного умножения и т.д. Эти результаты помогают разработать новые технологии защиты информации, а также альтернативные методы безопасного аутсорсинга обработки больших данных с секретными параметрами.

Одной из первых работ, посвященная проблемам ускорения криптографических преобразований, была опубликована в работе [8] которая в дальнейшем получила широкое развитие [9,10]. Важно отметить, что такая постановка задачи очень похожа на проблему гомоморфного шифрования, но методы гомоморфного шифрования не будут применяться в нашем исследовании. Мы будем развивать методы безопасного аутсорсинга научных вычислений, и применять их для ускорения криптографических задач, а также для безопасной обработки больших данных с секретными параметрами.

Как видно из вышесказанного, проблема безопасного аутсорсинга вычислительно-сложных задач, такие как криптографические преобразования и обработка больших данных в маленьких смарт-устройствах, приобретает большую популярность, отличается своей новизной и актуальностью. Учеными разработаны мощный математический аппарат в сфере безопасного аутсорсинга научных вычислений, и в настоящей работе планируется использовать этот задел для решения новых вычислительно-сложных криптографических задач с секретными параметрами. В работе будут исследованы новые методы безопасного аутсорсинга криптографических преобразований в ассиметричной криптографии, а также будут представлены несколько новых методов аутсоринга, применительно к преобразованиям на эллиптической кривой.

Отметим, что для практического внедрения результатов исследования потребуется приобретения мощных дорогостоящих серверов, которые будут исполнять сложные вычислительно-сложные криптографические преобразования. Использовать ресурсы данного сервера на договорной основе смогут все клиенты и участники интернета вещей, поэтому централизованные сервера должны строго охраняться.

Общая концепция и постановка задачи. В этой работе под клиентом понимается маленький вычислитель или смарт-карта, со встроенным программируемым процессором, который выполняет специфические криптографические функции. Предположим, что размеры внутреннего рабочего пространства клиента достаточно сильно ограничены для решения некоторой вычислительно-сложной криптографической задачи. Таким образом, возникает естественное противоречие, разрешением которого занимаются многие исследователи и в области криптографии. Один из путей решения этой проблемы заключается в использовании технологии безопасного аутсорсинга для ускорения криптографических преобразований клиента.

В качестве сервера, как правило, используется мощный вычислительный центр (суперкомпьютер), которому посильно реализация данной криптографической задачи. Важно отметить, что в такой постановке сервер не пользуется доверием со стороны клиента, поэтому секретная информация должна быть защищена от него, а результаты вычислений сервера должны легко проверяться клиентом. В качестве сервера также могут выступить собственные вычислительные ресурсы, но управляемые другими лицами, так как из-за недобросовестных или беспечных сотрудников возможна утечка информации. Поэтому в качестве сервера также выступает противник, который желает перехватить секретную информацию. Итак, в рассматриваемом классе задач при формализации сервер одновременно является противником, а посланная ему информация представляется как вычислительно-сложная криптографическая задача, которую сервер должен решить за приемлемое для клиента время.

Далее, понятие «клиент» будет относительным, и оно будет зависеть от конкретной рассматриваемой задачи с секретными параметрами, которую необходимо решить. Поэтому, в качестве клиента может служить «обычный» компьютер, но вычислительные ресурсы которого ограничены для решения поставленной вычислимой задачи. В таком случае, сервер выступает как идеальный суперкомпьютер, которым может воспользоваться клиент на договорной основе для ее решения.

Как известно [8], данному взаимодействию между клиентом и суперкомпьютером, можно придать следующий протокольный вид.

Пусть клиенту требуется решить некоторую задачу Z, зависящая от секретного параметра α: $Z(\alpha)$. Предположим, что существует алгоритм (схема) A для решения задачи $Z(\alpha)$, который может быть эффективно реализован на сервере, но не на стороне клиента.

Протокол Z

1. Клиент осуществляет декомпозицию алгоритма A на два алгоритма $A1$ и $A2$ так, что выполняются два условия:

- во-первых, решение алгоритмов A1 и A2 позволяет решить задачу Z;
- во-вторых, алгоритм A1 может зависеть от секретного параметра, а алгоритм A2 либо вовсе не зависит от секретного параметра α, либо время, необходимое серверу для выявления секрета из алгоритма A2 неприемлемо для него.
- в-третьих, клиент может вычислить A1 достаточно быстро.

2. Клиент решает $A1$, а серверу передает $A2$.
3. Сервер решает $A2$ и возвращает результат клиенту.
4. Клиент, получив результат вычисления $A2$, решает задачу Z.

Нам понадобятся следующие понятия.

Определение 1. Будем говорить, что вычислительно-сложная задача разрешима протоколом аутсорсинга, если клиент получает решение поставленной задачи в результате выполнения каждого шага этого протокола.

Определение 2. Будем говорить, что протокол аутсорсинга является безопасным, если секретные параметры клиента не могут быть рассекреченными во время взаимодействия с сервером.

Также важными являются следующие понятия.

Определение 3. Активной атакой называется случай, когда протокол аутсоринга позволяет посылать клиенту ложные решения. Данный протокол называется стойким к активной атаке, если клиент может проверить решение, полученное от сервера за приемлемое для него время.

Отметим, что при доказательстве стойкости к активной атаке некоторого протокола мы опираемся на математический опыт. Например, если сторонний вычислительный центр посылает клиенту приближенное решение *x* алгебраического уравнения $Ax = f$, то клиент проверяет это, перемножив матрицу A на вектор *x*, и результат должен быть приближенно равным вектору *f*. То есть клиент решает прямую задачу и это во многих случаях несравнимо проще, чем, если бы взялся решать уравнение $Ax = f$ самостоятельно.

Определение 4. Будем говорить, что протокол аутсорсинга является корректным, если суммарное время необходимое для реализации протокола меньше, чем время решения задачи клиентом без помощи протокола аутсорсинга.

При этом $Comm(\alpha)$, $Comp_C(\beta), Comp_S(\gamma)$ - обозначают время, необходимое для передачи сообщения α между сервером и клиентом, время выполнения клиентом алгоритма β и время выполнения алгоритма γ сервером соответственно. А через $T(Z)$ − обозначим время, необходимое для реализации протокола аутсорсинга *Z*. Если некий алгоритм β вовсе не реализуемо на стороне клиента, то будем писать $Comp_C(\beta) = \infty$.

Время $T(Z)$, необходимое для реализации протокола аутсорсинга *Z*, не включает время, необходимое клиенту для проверки протокола аутсорсинга на абсолютную стойкость к активной атаке. То есть $T(Z)$- это время, необходимое для реализации протокола *Z*, в случае, если сервер не отклоняется от протокола, то есть клиенту посылаются только правильные решения (в этом случае говорят о пассивной атаке). Этому есть объяснение: если сервер посылает ложное решение некоторой задачи, клиент обнаруживает это за приемлемое для него время, то цель не достигается, то есть протокол не реализован. Поэтому целесообразно обозначать через $T(Z)$ − время, необходимое только при четкой реализации протокола *Z*.

Безопасный аутсорсинг криптографических преобразований.

Задача №1. Предположим, что клиенту необходимо вычислить значение $y = x^d mod\, n$, где целые числа *x, n* не являются секретами и доступны всем, а число *d* является секретным параметром клиента. Далее, пусть целые числа n и e, связанные соотношением $ed = 1\,(mod\varphi(n))$, также общедоступны, при этом *n* есть произведение секретных больших простых чисел p и q. Тогда протокол безопасного аутсорсинга можно представить в следующем виде [8]:

Протокол №1

1. Клиент на своем смарт-устройстве генерирует случайным образом целые числа $d_1, d_2, \dots, d_m$, а также двоичный вектор $f = [f_1, f_2, \dots, f_m]$ такие, что $d = (f_1 d_1 + f_2 d_2 + \cdots + f_m d_m)\big(mod\ \varphi(n)\big)$, где $1 \le d_i < n$ и вес Хэмминга вектора *f*, то есть сумма $\sum_{i=1}^{m} f_i \le C$, где *C* и m – целые числа, которые выбираются клиентом. Далее, клиент отправляет *n, x* и вектор $D = [d_1, d_2, \dots, d_m]$ серверу.

2. Сервер вычисляет $z_i = x^{d_i} mod\, n$ и возвращает клиенту целочисленный вектор $Z = [z_1, z_2, \dots, z_m]$.

3. Клиент вычисляет значение $y = y_m$ с помощью следующего алгоритма: $y_0 = 1$;

$for(i = 1; i \le m; i++)$

{

$if\ f_i = 1, then$

$y_i = y_{i-1} z_i mod\, n;$

$if\ f_i = 0, then$

$y_i = y_{i-1};$

}

end.

Как видно, клиент вычисляет только легкую часть работы. Отметим, что исследованию этого протокола аутсорсинга на устойчивость к известным атакам была посвящена множество работ, например в [9].

Ускорение шифра Эль-Гамаля на эллиптической кривой.

Сначала опишем саму схему Эл-Гамаля. Предположим, что пользователь *A* сети хочет передать секретную информацию m другому пользователю *B*. Пусть выбрана общая эллиптическая кривая $E_p(a,b)$: $Y^2 = X^3 + ax + b \; mod \; p$, $(4a^3 + 27b^2) \; mod \; p \neq 0$, и точка *G* на ней является генератором, то есть *G, [2]G, [3]G,…,[q]G* суть различные точки и *[q]G=O* для некоторого простого числа q.

Пользователь A выбирает случайное число $C_A, 0 < C_A < q$, которое хранит как свой секретный ключ и вычисляет точку на кривой $D_A = [C_A]G$, которая будет его открытым ключом. Аналогично, пользователь B генерирует число $C_B, 0 < C_B < q$ и точку на кривой $D_B = [C_B]G$. Допустим, что секретная информация $m < p$.

1) Пользователь *A* выбирает случайное число *k, 0<k<q*, вычисляет точки $R=[k]G$, $P = [k]D_B = (x, y)$. Далее шифрует $e = mx \; mod \; p$ и посылает пользователю *B* шифртекст (*R,e*).

2) Пользователь B вычисляет сначала точку $Q = [C_B]R = (x, y)$ и дешифрует $l = ex^{-1} mod \; p$. Легко понять, что *l=m.*

Таким образом, видим, что в данной задаче самыми сложными операциями для клиента являются умножения.

Задача №2. Итак, клиенту необходимо вычислить значение точки $Y = [d]X \; mod \; p$ на эллиптической кривой, где точки *X* и *Y*, а также простое число p не являются секретами и доступны всем, а число d является секретным параметром клиента. Тогда протокол безопасного аутсорсинга можно представить в следующем виде:

Протокол №2

1. Клиент на своем смарт-устройстве генерирует случайным образом целые числа $d_1, d_2, \dots, d_m$, а также двоичный вектор $f = [f_1, f_2, \dots, f_m]$ такие, что $d = (f_1 d_1 + f_2 d_2 + \cdots + f_m d_m)(mod \; q)$, где $1 \leq d_i < q$ и вес Хэмминга вектора f, то есть сумма $\sum_{i=1}^{m} f_i \leq C$, где C и m – целые числа, которые выбираются клиентом. Далее, клиент отправляет простое число p, точку *X* и вектор $D = [d_1, d_2, \dots, d_m]$ серверу.

2. Сервер вычисляет значения точек $Z_i = [d_i]X \; mod \; p$ и возвращает клиенту вектор точек на эллиптической кривой $Z = [Z_1, Z_2, \dots, Z_m]$.

3. Клиент вычисляет значение точки $Y = Y_m$ с помощью следующего алгоритма: $Y_0 = O$;

$for(i = 1; i \leq m; i++)$

{

$if \; f_i = 1, then$

$Y_i = (Y_{i-1} + Z_i) mod \; p;$

$if \; f_i = 0, then$

$Y_i = Y_{i-1};$

}

end.

Проверим, что данный протокол решает задачу №2. Действительно, достаточно показать, что

$$Y = (Z_1 + \cdots + Z_m) \; mod \; p$$

Так как q это мощность множества точек на эллиптической кривой, то $[q]X=O$. Тогда

$Y = [d]X \; mod \; p = [(f_1 d_1 + \cdots + f_m d_m) \; mod \; q] \; X \; mod \; p = [(f_1 d_1 + \cdots + f_m d_m) + kq]X \; mod \; p = ([f_1 d_1]X + \cdots + [f_m d_m]X + [kq]X) mod \; p = ([f_1 d_1]X + \cdots + [f_m d_m]X) \; mod \; p = Z_1 + \cdots + Z_m \; mod \; p.$

В следующих работах мы проанализируем данный протокол аутсорсинга на устойчивость к атакам.

Пример реализации безопасного аутсорсинга линейного уравнения.

Многие вычислительные проблемы современной криптографии, как правило, сводится к решению некоторых задач линейной алгебры. Поэтому целесообразно рассмотреть некоторые модели безопасного аутсорсинга на примере решения линейного уравнения с секретными параметрами.

Рассмотрим следующее линейное уравнение относительно неизвестного *x*

$$\mathrm{A}_{n,n}\boldsymbol{x} = \boldsymbol{b}, \quad (1)$$

где $\mathrm{A}_{n,n}$ это числовая матрица из n строк и n столбцов, а b это вектор длины n.

Предположим, что матричное уравнение (1) однозначно разрешимо.

Пример №3: Пусть клиенту требуется приближенно решить уравнение (1.1) относительно неизвестного *x*. Предположим, что матрица $\mathrm{A}_{n,n}$ является секретным параметром клиента, а вектор b секретом не является. Также потребуем, чтобы решение матричного уравнения (1.1) оставалось в секрете.

Протокол №3

1. Клиент случайным образом находит обратимую матрицу $D_{n,n}$ и держит его в секрете. Далее, вычисляет произведение матриц $A_{n,n}D_{n,n} \equiv B$ и отправляет серверу уравнение

$$By = b$$

при этом матрицу $D_{n,n}$ клиент держит у себя как секретный параметр.

2. Сервер решает уравнение $By = b$ и возвращает приближенное решение *y* обратно клиенту.

3. Клиент находит приближенное решение уравнения (1) решая прямую задачу по формуле

$$x = D_{n,n}y$$

Покажем, что протокол №3 является:

- стойким к активной атаке, если *By* реализуема на стороне клиента;
- безопасным.

Действительно, имеет место

$$A(Dy) = A\big(D(B^{-1}b)\big) = ADD^{-1}A^{-1}b = b,$$

следовательно, если сервер не отклоняется от протокола аутсоринга, то приближенное решение уравнения (1) клиент находит по формуле $x = Dy$, то есть задача №3 разрешима данным протоколом аутсорсинга.

Далее, стойкость к активной атаке обеспечивается за счет того, что клиент может легко проверить, решим лишь прямую задачу. То есть, так как сервер посылает решение *y*, то клиент проверяет его вычисляя By, который приближенно должен быть равным $\mathrm{b} : \rho(\mathrm{Ay}, \mathrm{b}) < \varepsilon$.

Безопасность. Сервер знает композицию двух матриц *AD* = *G*, но по отдельности операторы *A* и *D* серверу не известны. Поэтому секретный параметр *A*, а также решение *x* уравнения (1) остаются в секрете от сервера.

Корректность протокола №3. Построение произвольного биективного оператора *D* часто является менее сложной задачей, нежели нахождение решения произвольного уравнения (1), поэтому предположение $\mathrm{T}(\mathrm{Z}_{4)} < \mathrm{Comp}_{\mathrm{C}}(\mathrm{x}: \mathrm{Ax} = \mathrm{b})$, определяющее корректность протокола, обосновано.

Информация о поддержка. Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантового финансирования МЦРИАП, № AP06850817.

Техническую поддержку оказала преподаватель ЕНУ им. Л.Н.Гумилева Гулден Улюкова.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Seitkulov Ye. New methods of secure outsourcing of scientific computations // The Journal of Supercomputing, Springer US, Print ISSN 0920-8542, Volume 65, Issue 1, 2013, pp 469-482.

[2] Jianhua Yu, Xueli Wang, Wei Gao Improvement and applications of secure outsourcing of scientific computations // Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing, December 2015, Volume 6, Issue 6, pp. 763–772.

[3] Xing Hu, Chunming Tang Secure outsourced computation of the characteristic polynomial and eigenvalues of matrix // Journal of Cloud Computing, Springer Berlin Heidelberg, 4:7 DOI 10.1186/s13677-015-0033-9, 2015, ISSN 2192-113X, online https://eprint.iacr.org/2014/442.pdf

[4] Cong Wang, Kui Ren, Jia Wang Secure Optimization Computation Outsourcing in Cloud Computing: A Case Study of Linear Programming // IEEE Transactions on Computers, Volume: 65, Issue 1, Jan. 1 2016, pp. 216 – 229.

[5] Vyas R., Singh A., Singh J., Soni G., Purushothama B.R.: Design of an efficient verification scheme for correctness of outsourced computations in cloud computing // Security in Computing and Communications, Springer, 2015, vol. 536, pp. 66–77.

[6] Atallah M., Frikken K. Securely outsourcing linear algebra computations // In: Proceedings of ASIACCS. New York, 2010, pp 48–59.

[7] Benjamin D., Atallah M. Private and cheating-free outsourcing of algebraic computations // Proceedings of 6th conference on privacy, security, and trust (PST), 2008, pp 240–245.

[8] Tsutomu Matsumoto, Koki Kato, Hideki Imai Speeding Up Secret Computations with Insecure Auxiliary Devices // CRYPTO 1988: Advances in Cryptology — CRYPTO' 88, pp. 497-506.

[9] Thierry Mefenza, Damien Vergnaud Cryptanalysis of Server-Aided RSA Protocols with Private-Key Splitting // Published 2018 online: https://www.di.ens.fr/~mefenza/Cryptanalysis%20of%20Server-Aided%20RSA.pdf

[10] Kai Zhou, M. H. Afifi, Jian Ren ExpSOS: Secure and Verifiable Outsourcing of Exponentiation Operations for Mobile Cloud Computing // IEEE Transactions on Information Forensics and Security, Volume 12 , Issue 11, Nov. 2017, pp. 2518 – 2531.

Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б., Арапов М.К., Сатыбалдина Д.Ж.

Криптографиялық түрлендірудің қауіпсіз аутсорсингі

Түйіндеме. Мақалада классикалық асимметриялық криптографиядағы криптографиялық түрлендірулерді жеделдетудің математикалық әдістері зерттеліп, эллиптикалық қисық сызықтағы түрлендірулерді жеделдетудің жаңа әдісі әзірленген. Жаңа тәсілдің идеясы жаңа жеңіл криптографиялық жүйелер мен күрделі криптографиялық түрлендірулерді қауіпсіз аутсорсинг технологиясын қолдана отырып ақпаратты қорғау технологияларын жасау болып табылады. Осы жұмыс аясында «жеңіл криптографиялық жүйе» терминін біз жүйе ретінде клиент-сервердің өзара әрекеттесу хаттамалар жүйесін түсінеміз, мұндағы клиент тек жеңіл есептеу тапсырмаларын орындайды, ал сервер жұмыстың барлық қиын бөлігін орындайды.

Түйін сөздер: криптография, клиент-сервердің өзара әрекеті, қауіпсіз аутсорсинг, жылдам есептеу.

УДК 621.671

[1]A.M. Seitkhanov, [2] V.V. Povetkin, [3]A.Z. Bukayeva
([1]Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, azamat__86@mail.ru
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, vv1940_povetkin@mail.ru
[3]Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, amina_bukaeva@mail.ru)

STUDY OF THE EFFECT OF CAVITATION ON THE WEAR OF CENTRIFUGAL GROUND PUMPS

Abstract. In this paper the influence of cavitation on the wear of centrifugal ground pumps is considered. Cavitation is a violation of fluid flow continuity, which occurs in those areas of the flow, where the pressure, dropping, reaches some critical value. This process is accompanied by the formation of a large number of bubbles filled mainly with liquid vapours as well as gases released from the solution. While in the lower pressure area, the bubbles grow and turn into large cavitation bubbles. The bubbles are then carried away by a moving liquid into the above-critical pressure region, where they break up almost without a trace due to condensation of the vapor that fills them. Thus, a rather clearly defined cavitation zone is created in the flow, filled with moving bubbles. The analysis of known researches, in the field of creation of hydraulic machines, allows to define directions of the further researches directed on reduction of cavitation wear and increase of a resource of work of hydraulic machines: a choice of optimum operating conditions, improvement of a design, use of the materials possessing high resistance to cavitation destruction, gumming.

Key words: cavitation, pressure, centrifugal ground pumps, erosion.

А.М. Сейтханов[1], В.В. Поветкин[2], А.З. Букаева[3]
([1]Казахский национальный исследовательский технический университет
им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
[3]doctor PhD, Yessenov University, Актау, Казахстан)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИИ НА ИЗНОС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ

Аннотация. В данной статье рассматривается влияние кавитации на износ центробежных грунтовых насосов. Кавитация представляет собой нарушение сплошности течения жидкости, которое происходит в тех участках потока, где давление, понижаясь, достигает некоторого критического значения. Этот процесс сопровождается образованием большого количества пузырьков, наполненных преимущественно парами жидкости, а также газами, выделившимися из раствора. Находясь в области пониженного давления, пузырьки растут и превращаются в большие кавитационные пузыри-каверны. Затем пузыри уносятся движущейся жидкостью в область с давлением выше критического, где разрушаются практически бесследно в результате

конденсации заполняющего их пара. Таким образом, в потоке создается довольно четко ограниченная кавитационная зона, заполненная движущимися пузырьками. Проведен анализ известных исследований, в области создания гидравлических машин, позволяет определить направления дальнейших исследований, направленных на уменьшение кавитационного износа и повышение ресурса работы гидравлических машин: выбор оптимальных условий эксплуатации, усовершенствование конструкции, использование материалов, обладающих высокой сопротивляемостью кавитационному разрушению, гуммирование.

Ключевые слова: кавитация, давление, центробежные грунтовые насосы, эрозия.

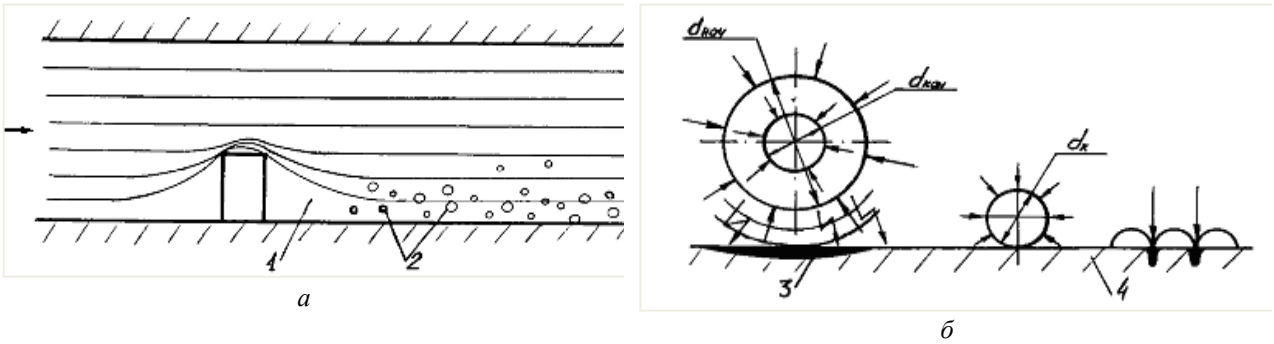
Введение

Кавитация (от лат. cavita – пустота) – это нарушение сплошности жидкости. Кавитация представляет собой сложный комплекс явлений: выделение пара и растворенных газов из жидкости в тех областях, где давление жидкости равно или меньше давления насыщенных паров. Местное повышение скорости движения жидкости в том месте, где возникло парообразование и беспорядочное движение жидкости, конденсация пузырьков пара, увлеченных потоком жидкости в область повышенного давления, химическое разрушение металла происходит в зоне кавитации кислородом воздуха, выделившегося из жидкости при прохождении ее в зонах пониженного давления [1].

При попадании пузырьков пара в зону нормального давления, пузырьки подвергаются многократному сжатию, в результате чего давление и температура внутри них могут достигать величин десятков тысяч атмосфер и нескольких тысяч градусов соответственно [2].

Конденсация каждого из пузырьков приводит к резкому уменьшению объема и гидравлическому удару в микроскопических зонах, однако «бомбардировка» этими ударами большой площади кавитируемой поверхности приводит и к большим площадям разрушения. Многократно повторяющиеся механические воздействия, при конденсации пузырьков, вызывают механический процесс разрушения поверхности рабочих колес и улиток [1].

На рисунке 1 изображена схема образования кавитационной зоны при движении жидкости в гидродинамической трубе и смыкания парогазовых пузырьков, на которой даны следующие обозначения: 1 – зона пониженного давления; 2 – парогазовые пузырьки; 3 – вблизи граничной поверхности со сферической симметрией и образованием ударных волн; 4 – при касании граничной поверхности с образованием скоростных кумулятивных микроструй [2].



а *б*

Рис. 1. Схема образования кавитационной зоны при движении жидкости в гидродинамической трубе (а) и смыкания парогазовых пузырьков (б)

Чрезвычайно важным фактором, при оценке кавитационной эрозии, является время. Чем продолжительнее воздействие кавитации на направляющий поток поверхность, тем большему разрушению она подвергается.

Однако эрозия развивается нелинейно. Начало кавитационной эрозии характеризуется большой интенсивностью изнашивания. Кавитационному разрушению подвергаются различные дефекты и "слабые места" направляющий поток поверхность. После удаления этих дефектов интенсивность кавитационной эрозии резко снижается, так как под действием кавитации в поверхностном слое материала происходят различные изменения. Затем происходит вторичное возрастание интенсивности кавитационной эрозии, вызванное тем, что эродированная поверхность сама становится источником кавитации [3].

Кавитация является следствием условий эксплуатации насоса и качеством его изготовления. К эксплуатационным относятся все причины, в результате которых фактический вакуум во всасывающем патрубке больше или фактический кавитационный запас меньше, чем допускаемые.

Повышенные гидравлические потери во всасывающем трубопроводе по сравнению с расчетными значениями, и фактическое значение высоты всасывания больше допустимого.

Причины кавитации, связанные с качеством насоса, проявляются в том, что паспортные его кавитационные характеристики не обеспечивают отсутствия кавитации. Как известно, критические значения определяются в результате стендовых испытаний при развитой кавитации и устанавливаются точкой срыва. Но, в отдельных местах кавитация может зарождаться раньше и, не проявляясь на изменении КПД и других показателях насоса, может вызывать ускоренный местный износ. Повышенная кавитационная эрозия может вызываться и отдельными дефектами изготовления или монтажа: неровности, перекосы, увеличенные зазоры [4].

О наличии кавитации можно узнать по ярко выраженным внешним признакам, по характерному шуму в виде потрескивания и вибрации, имеющей изменяющуюся во времени амплитуду и частоту. Если процесс кавитации развивается, то характерное потрескивание сменяется на глухо звучащие удары. Вибрацию в этом случае можно наблюдать визуально, она ощущается как в трубопроводе, так и фундаменте.

При развитии кавитации меняются показатели работы насосного оборудования. В частности снижается подача и напор, а также потребляемая мощность [5].

Влияние кавитации на работу насоса не постоянно и зависит от стадии её развития. Деление процесса развития кавитации на различные стадии, в известной мере, условно, однако принято различать начальную, частично развившуюся и полностью развившуюся кавитацию.

Начальная кавитация характеризуется слабым усилением шума, наличием небольшого количества кавитационных пузырей, которые образуют неустойчивую кавитационную зону. На этой стадии внешние характеристики насоса практически не изменяются.

Частично развившаяся кавитация характеризуется наличием устойчивой кавитационной зоны определенных размеров, которая изменяет эффективную форму направляющей поверхности и стесняет живое сечение потока. Происходит местное повышение скорости течения, появляющиеся вторичные движения жидкости. Из-за увеличения потерь энергии ухудшаются внешние характеристики машины; значительно усиливается шум, появляется вибрация.

При полностью развившейся кавитации наступает «срыв» работы данного насоса. Внешние характеристики его становятся совершенно неприемлемыми. Работа насоса в условиях полностью развившейся кавитации сопровождается шумом, интенсивной вибрацией и, как правило, не поддается управлению [3].

При больших скоростях потока на входе в рабочее колесо понижение давления может быть значительным. Так, например, при скорости на входе в рабочее колесо около 20 м/с понижение давления составляет 0,8-2,5 кгс/см^2 в зависимости от формы входной кромки лопасти. Следовательно, даже при высоте всасывания, равной нулю, возможно появление кавитации [6].

Опасными по условиям кавитационного износа являются области, где возникает наиболее глубокий вакуум. В центробежных насосах (рисунок 2) – это входные участки лопастей рабочего колеса с тыльной стороны, внутренняя поверхность входного обода и зазор уплотняющей кромки [4].

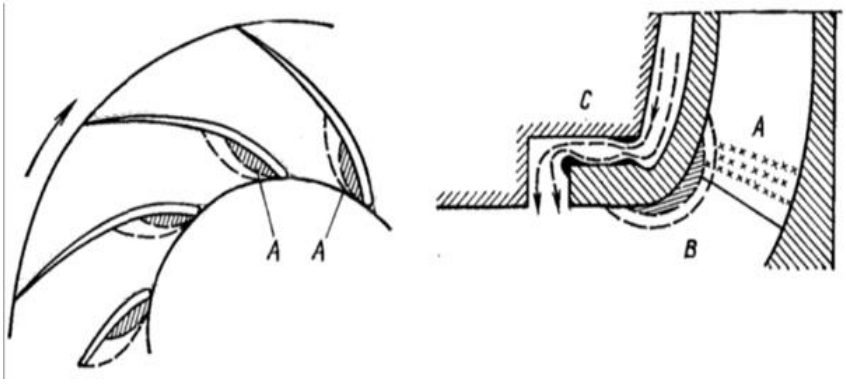


Рис. 2. Места наиболее интенсивного кавитационного износа центробежных насосов
А – на входных участках лопастей рабочего колеса,
В – на внутренней поверхности входного обода,
С – у зазора уплотняющей кромки

Кавитация может вызвать разрушение стенок спиральных отводов (корпуса) и бронедисков, особенно в месте стыка бронедиска и крышки насоса [7].

Из-за кавитации возникает разрушение подшипников и уплотнений. Иногда при сильной вибрации происходит поломка вала [5].

Качественное изменение структуры потока, вызванное кавитацией, приводит к изменениям режима работы гидравлической машины. Эти изменения называют последствиями кавитации. Элементы проточной части гидравлических машин вообще и лопастных насосов в частности представляют собой сочетание направляющих поверхностей, предназначенных для управления потоком. Если кавитационная зона возникает на такой поверхности, то она изменяет ее эффективную форму и, следовательно, изменяет путь потока. Такие изменения нежелательны и сопровождаются дополнительными потерями энергии.

Снижение энергетических параметров и уменьшение коэффициента полезного действия являются прямым следствием возникновения кавитации в любой гидравлической машине [8]. На режимах, отличающихся от оптимального, возможно появление кавитационных зон на обеих поверхностях лопастей рабочего колеса, особенно на участках, прилегающих к входной и выходной кромкам (зоны 5, рисунок 3). В результате отрыва потока от направляющей поверхности кавитации подвержены выходные кромки лопастей рабочего колеса (зоны 1, рисунок 3). Интенсивность развития кавитации в этой области зависит от формы выходной кромки и увеличивается с увеличением подачи насоса.

В результате динамического взаимодействия набегающего потока с элементами, образующими межлопастные каналы рабочих колес, кавитационные зоны могут возникнуть в областях, прилегающих к линиям сопряжения лопастей рабочих колес с поверхностями дисков (зона 6, рисунок 3), и на внутренних поверхностях наружных дисков рабочих колес одностороннего входа вследствие отклонений линий тока на повороте.

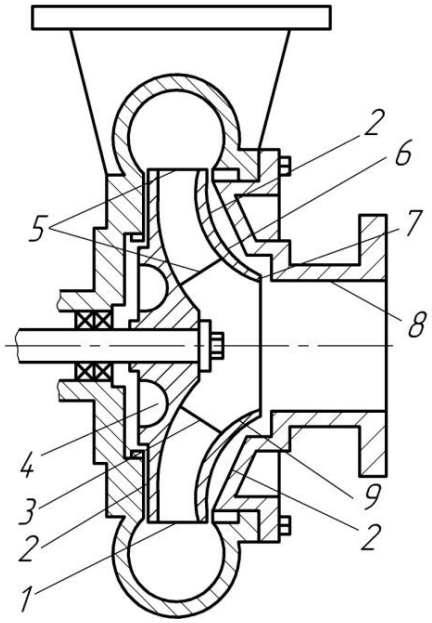


Рис. 3. Элементы проточной части центробежного насоса подвергаемых кавитации
1,3,5 – участки, прилегающие к входной и выходной кромкам, 2,6,9 – кавитационные зоны, 4 – разгрузочные отверстии, 7 – зона входной кромки рабочего колеса, 8 – входные кромки, всасывающегося патрубка

Высокая скорость относительного движения жидкости в пазухах, образуемых дисками рабочих колес и корпусом насоса, может вызывать образование кавитационных зон на наружной поверхности дисков и внутренних поверхностях корпуса (зоны 2, рисунок 3).

Интенсивная кавитация может развиваться на внутренней поверхности разгрузочных отверстий (зона 4, рисунок 3) вследствие высоких скоростей течения в них, определяемых большим перепадом давления и сужением потока.

К числу других элементов проточной части центробежных насосов, представляющих опасность с точки зрения возникновения кавитации, следует отнести конструктивные щели и зазоры между

вращающимися и неподвижными деталями машины (зона 7, рисунок 3); внутреннюю поверхность всасывающего патрубка, прилегающую непосредственно к рабочего колесу (зоны 8, рисунок 3) [9].

Способы борьбы с кавитационным износом грунтовых насосов весьма разнообразны. Кавитационный износ насосов можно уменьшить различными способами: выбором оптимальных условий эксплуатации, мерами конструктивного характера, использованием для изготовления деталей насосов специальных материалов, обладающих высокой сопротивляемостью кавитационному разрушению; применением наплавки и гуммирования.

Эксплуатационные возможности сводятся к тому, чтобы снизить до минимума время работы насоса в кавитационно опасных режимах, по возможности увеличить фактический кавитационный запас. Это можно сделать уменьшением высоты всасывания, сокращением потерь во всасывающем трубопроводе [4].

При эксплуатации насоса необходимо следить за тем, чтобы не была превышена *допустимая высота всасывания, зн*ачение которой указывается в заводских характеристиках. При высоком давлении парообразования или же равном давлению в резервуаре следует предусмотреть подпор, который должен перекрывать возникающие на пути от приемного резервуара до насоса потери на трение [10].

Также, необходимо обратить внимание:

1) на правильный выбор геометрической высоты всасывания при работе с холодной жидкостью и высоты подпора для горячей;

2) уменьшение потерь напора на всасывающей линии (за счет уменьшения длины и увеличения диаметра труб, уменьшения числа колен и пр.);

3) устранение неплотностей всасывающих трубопроводов.

Определение допустимой высоты всасывания с учетом высотного расположения насоса и температуры перекачиваемой жидкости является первым необходимым мероприятием, направленным на ослабление или предотвращение кавитации.

Вызываемое кавитацией ухудшение характеристик насосов, интенсивность изнашивания элементов проточной части вследствие кавитационной эрозии находятся в прямой зависимости от *режимов работы*. Так, при постоянной частоте вращения насоса его кавитационные качества улучшаются *с уменьшением подачи*. Поэтому для предотвращения кавитации возможно искусственное уменьшение подачи насоса с одновременным увеличением продолжительности рабочего цикла или, если это невозможно при заданных условиях эксплуатации, применение насоса большей подачи, например 120-140% от требуемой.

Аналогичного результата можно добиться *уменьшением частоты вращения* насоса по сравнению с расчетной. Однако уменьшение частоты вращения повлечет за собой соответствующее уменьшение подачи, что вызовет необходимость в использовании более мощного насоса или увеличении числа рабочих агрегатов. И то, и другое очевидно, отрицательно скажется на экономической эффективности насосной станции или установки.

Более эффективным способом, предотвращающим возникновение кавитации, оказывается *повышение давления* в области потока перед входом в рабочее колесо путем впуска во всасывающий трубопровод струи воды из напорного трубопровода. При этом энергия струи передается потоку воды на входе в колесо, что приводит к увеличению давления в рассматриваемом сечении [9].

Для предупреждения и уменьшения кавитационных разрушений деталей гидромашин применяются различные меры *конструктивно-эксплотационного характера*: снижение количества лопастей у насосов, совершенствование профилей обтекаемых потоком жидкости деталей, поддув воздуха в предполагаемую зону износа, добавление в жидкость, циркулирующую по замкнутому контуру, поверхностно-активных веществ [2].

В первую очередь, конструктивные *изменения* применяют к рабочему колесу. *Входные кромки лопастей* с увеличенной шириной располагают наклонно у оси и выполняют заостренными. Этим исключается возникновение противотоков даже при очень маленьких подачах. Однако заостренная необтекаемая форма кромок приводит к отрыву от поверхности лопасти, вследствие чего поле скоростей потенциального потока, при этом не возникает характерного для обтекания профиля лопасти минимума давлений.

Кавитационные характеристики центробежных насосов низкой быстроходности могут быть несколько улучшены *укорачиванием части лопастей рабочего колеса* со стороны входа и скруглением их кромок. У рабочего колеса с подрезанными лопастями кавитационные зоны в меньшей мере влияют

на поток. *Увеличение числа лопастей рабочего* колеса насоса с высоким n_s или уменьшение его в насосах с низким n_s приводит к уменьшению кавитационного запаса на входе [11].

Уменьшить вредное влияние кавитации можно увеличением *диаметра рабочего колеса* и его *ширину на входе* и *уменьшить толщину лопаток* у входа. При чрезмерном увеличении диаметра входа КПД насоса надает. Это ограничивает возможность повышения кавитационных качеств насоса путем увеличения диаметра входа. Увеличение ширины рабочего колеса на входе сильно повышает кавитационные качества насоса, сравнительно мало понижая КПД [12].

Входные элементы лопастей рабочего колеса можно спроектировать так, что они будут создавать вторичные токи на входе, подкручивающие основной поток непосредственно перед входом на лопасть. Для предотвращения закрутки всего потока, что связано с большой затратой энергии, устанавливают неподвижные лопатки (рисунок 4, а). *Закрутка потока внешними силами* приводит к увеличению кавитационного запаса [13].

Эффективным мероприятием по повышению антикавитационных качеств насоса является установка пред рабочим колесом *первой ступени осевого колеса* (рисунок 4, б) или *шнека* (рисунок 4, в). Предвключенное колесо или шнек создает дополнительный подпор на входе в рабочее колесо, обеспечивая бескавитационную его работу. Само устройство работает в условиях развитой кавитации или суперкавитации, что приводит к кавитационному разрушению его. Также эффективным мероприятием для уменьшения кавитационных разрушений является *увеличение радиального зазора* между лопастями и втулкой или выполнение клиновидного уступа на тыльной стороне лопасти [14].

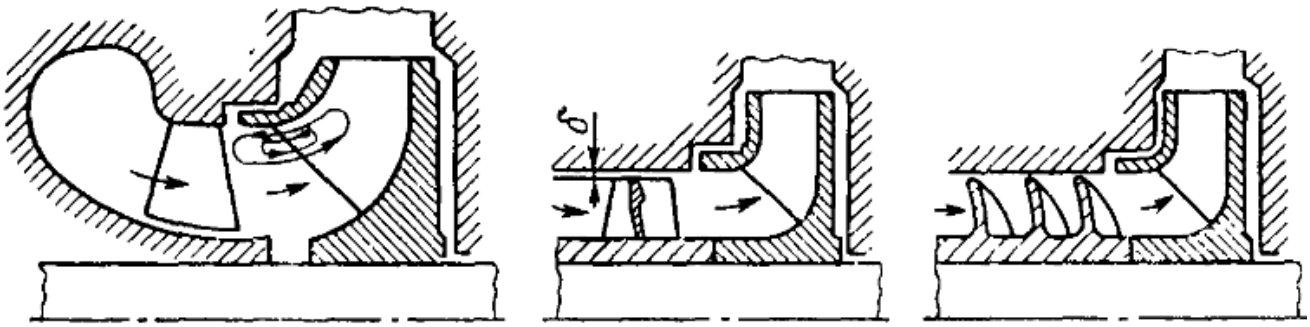


Рис. 2.4. Конструктивные пути повышения кавитационных качеств центробежных насосов
а - закрутка потока внешними силами, *б* - первой ступени осевого колеса, *в* - первой ступени осевого шнека

Для уменьшения кавитационной эрозии лопасти рабочих колёс изготавливают из нержавеющих сталей и шлифуют, т.к. недопустимы отдельные выступы, грубая шероховатость поверхности, углы и изломы. Как показали исследования, тщательная обработка поверхностей насоса в значительной мере ослабляет разрушающее действие кавитации.

Большое значение имеет материал, из которого изготовлены рабочие органы. Выбор материала для изготовления деталей машин, подверженных кавитационно-абразивному разрушению, основывается на ряде положений, причем некоторые из них находятся в противоречии друг с другом. Так, механические свойства материала должны обеспечивать прочность деталей не только в условиях нормальной эксплуатации, но и при особых режимах, возможных в работе. Материал должен выдерживать кратковременные высокие напряжения, связанные с этими отклонениями. В некоторых случаях приходится считаться с возможностью попадания в машину посторонних тел, которые при достаточно пластичном материале приводят к образованию лишь вмятин, не вызывая трещин и разрушения детали. Поэтому материал должен быть не только прочен, но и пластичен.

Вследствие малых зазоров между рабочим колесом и уплотнительными кольцами, особенно у центробежных насосов, возможно кратковременное задевание колеса о кольцо при большой относительной скорости перемещения. Поэтому материал рабочего колеса должен обладать хорошими антифрикционными качествами в паре с материалом уплотнительного кольца. Помимо этого необходимо, чтобы из материала можно было изготовлять детали методом литья, чтобы он сравнительно легко поддаваться механической обработке и сварке, а готовые детали можно было бы ремонтировать непосредственно на месте. Кроме этого, при выборе материала необходимо учитывать условия работы насоса и его экономичность [9].

При изготовлении деталей насосов из материалов, которые имеют низкую кавитационно-абразивную стойкость, применяют метод *покрытия их рабочих поверхностей* более стойкими материалами, такими как нержавеющими сталями и алюминиевой бронзой, а также сплавами, наносимыми на поверхность основного металла электродной наплавкой. Хорошую кавитационную стойкость имеют такие материалы, как нейлон, резина и пластмассы. За счет применения защитных полимерных покрытий срок службы деталей проточной части насосов может быть увеличен на 25-30 % [15].

Для обеспечения нормальной бескавитационной работы горизонтальных центробежных насосов необходимо, чтобы:

1) диаметр входного устройства во всасывающий трубопровод $D_{вх}$ на 25−50 % превышал диаметр трубы d;

2) всвсывающие трубопроводы были расположены от стен приемного резервуара водозаборного устройства на расстоянии не менее (0,75−1,0) $D_{вх}$;

3) при наличии двух и более всасывающих трубопроводов в одной камере расстояние между ними было не менее (1,5−2,0) $D_{вх}$;

4) входное отверстие всасывающего трубопровода находилось на высоте не менее $0{,}8D_{вх}$ от дна приемного резервуара;

5) входное отверстие всасывающего трубопровода должно быть заглублено ниже самого низкого уровня воды в приемном резервуаре на 0,5−2,0 м.

При невозможности надлежащего заглубления входного отверстия всасывающего трубопровода ниже уровня воды следует установить на его конце специальную диафрагму, предотвращающую образование воронок вокруг трубы и, следовательно, попадание в нее воздуха.

При больших диаметрах всасывающего трубопровода его расположение и устройство, а также конструкция приемного резервуара водозабора должны быть такими, чтобы не возникало закручивание воды, притекающей к отверстию всасывающего патрубка. С этой целью в приемном резервуаре иногда устанавливают специальные разделительные стенки и ребра**.**

Сложность решения проблемы борьбы с эрозией оборудования заключается не только в чрезвычайной сложности процессов, протекающих как в жидкости, так и в твердом теле, большой длительности и затратности испытаний объектов на весьма дорогостоящих стендах и, особенно, - в натурных условиях, но и в том, что для успешной борьбы с эрозией оборудования необходимо объединение усилий специалистов разных профилей, прежде всего специалистов в области механики жидкости и газа, материаловедов, конструкторов и технологов.

Необходимо тщательно соблюдать всех технических норм и правил, предусматривающих изготовление, монтаж и установку центробежных насосов. Более того, опыт эксплуатации указывает на возможность некоторого улучшения кавитационных качеств серийно выпускаемых насосов при их индивидуальной доводке, заключающейся в первую очередь в очистке и полировке обтекаемых поверхностей, сглаживании выступов и т.п. [9].

Выводы

Проведенный анализ известных исследований, в области создания гидравлических машин, позволяет определить направления дальнейших исследований, направленных на уменьшение кавитационного износа и повышение ресурса работы гидравлических машин:

- выбор оптимальных условий эксплуатации;
- усовершенствование конструкции;
- использование материалов, обладающих высокой сопротивляемостью кавитационному разрушению;
- применение наплавки;
- гуммирование [16].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Seitkhanov A., Povetkin V., Bektibay B., Tatybayev M., Bukayeva A. Improvement of the design of hydraulic transport devices for the transport of hydroabrasive media in the enrichment industry // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, - №5/1 (101), 2019. - p. 6-16. ISSN 1729-3774.

[2] Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин [Электронный ресурс]: Учебное пособие – Запорожье: Изд-во ЗГТУ., 1999. – 311 с.

[3] Seitkhanov A., Povetkin V., Ivanov S., Bukayeva A. Improvement of ground pumps for transport of slurry // IV International scientific conference winter session INDUSTRY 4.0, 11 - 14 December 2019, Borovets, Bulgaria. – p. 357-359.

[4] Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F., Orlova Y.P., Bukayeva A.Z. Improvement of equipment for transport of slurry in mineral processing production // Mining Informational and Analytical Bulletin. - № 6, 2018, - Moscow, ISSN 0236-1493, - p.161-169.

[5] http://www.vzlet-omsk.ru/tekhnicheskie-poyasneniya/chto-takoe-kavitatsiya

[6] Лем В.П. Способы уменьшения и предотвращения кавитации в грунтовых насосах //Вестник ЖезУ. – Жезказган, 2009. - №1(17). - с.59-64.

[7] Поветкин В.В., Лем В.П. Гидроабразивный износ грунтовых и песковых насосов // Вестник КазНТУ. – Алматы, 2008. - №6(69). – С.51-54.

[8] Карелин В. Я., Минаев А. В. Насосы и насосные станции: Учеб. для вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Стройиздат, 1986. - 320 с: ил.

[9] Поветкин В.В., Татыбаев М.К., Асан А.Е., Андрющенко Е.С. Кавитационный износ в грунтовых насосах // Вестник КазНТУ – Алматы, 2014. - №4.

[10] http://www.promti.ru/trub/ter-t/246/index.html

[11] Смолдырев А.Е. Гидро- и пневмотранспорт в металлургии (техника и технология, инженерные расчеты). - Москва: Металлургия, 1985. – 280 с.

[12] Ахметбеков О.С., Поветкин В.В., Керимжанова М.Ф. О перспективах повышения качества и надежности грунтовых насосов. Труды Международных Сатпаевских чтений «Роль и место молодых ученых в реализации стратегии «Казахстан-2050», посвященные 80-летию КазНТУ имени К.И. Сатпаева – Алматы: КазНТУ 2014., Том IV. - с.102-105.

[13] Михайлов А.К., Малюшенко В.В. Лопастные насосы. Теория, расчет и конструирование. – Москва: Машиностроение, 1977. – 288 с. - с.126

[14] Жабо В.В., Уваров В.В. Гидравлика и насосы - М.: Энергоатомиздат, 1984 год, Учебник для техникумов. - 2-е изд. перераб. - 328 с., ил.- с.160

[15] http://www.bibliotekar.ru/spravochnik-117-nasos/77.htm

[16] Андрющенко Е.С. Проблемы кавитационного износа гидравлических машин. Труды Международных Сатпаевских чтений «Роль и место молодых ученых в реализации стратегии «Казахстан-2050», посвященные 80-летию КазНТУ имени К.И. Сатпаева – Алматы: КазНТУ 2014., Том IV. - с.83

Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.

Ортадан тепкіш топырақ сорғыларының тозуына кавитацияның әсерін зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақалада кавитацияның центрифугалық топырақ сорғыларының тозуына әсері қарастырылады. Кавитация - бұл сұйықтық ағымының үздіксіздігін бұзылу, ол қысым төмендеген кезде белгілі бір мәнге жететін ағынның бөліктерінде пайда болады. Бұл процесс негізінен сұйықтық буларымен, сондай-ақ ерітіндіден шығарылған газдармен толтырылған көпіршіктердің көп мөлшерін қалыптастырумен бірге жүреді. Төмен қысым аймағында көпіршіктер өсіп, үлкен кавитациялық көпіршіктерге-каверналарға айналады. Содан кейін көпіршіктер қозғалатын сұйықтықпен критикалықтан жоғары қысым аймағына түседі, онда оларды толтыратын будың конденсациясы нәтижесінде із-түссіз жойылады. Осылайша, ағында қозғалмалы көпіршіктермен толтырылған өте шектеулі кавитациялық аймақ пайда болады. Гидравликалық машиналарды құру саласындағы белгілі зерттеулерге талдау жасалды, кавитациялық тозуды азайтуға және гидравликалық машиналардың жұмыс ресурсын арттыруға бағытталған әрі қарайғы зерттеулердің бағыттарын анықтауға мүмкіндік береді: оңтайлы жұмыс жағдайларын таңдау, дизайнды жетілдіру, кавитациялық бұзылуға төзімділігі жоғары материалдарды пайдалану, гуммация.

Түйінді сөздер: кавитация, қысым, ортадан тепкіш топырақ сорғылары, эрозия.

УДК 621.671

[1]A.M. Seitkhanov, [2] V.V. Povetkin, [3]A.Z. Bukayeva

([1]Satpayev University, Almaty, Kazakhstan, azamat__86@mail.ru
[2]Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, vv1940_povetkin@mail.ru
[3]Yessenov University, Aktau, Kazakhstan, amina_bukaeva@mail.ru)

GROUND PUMP WEAR AT HYDROABRASIVE ACTION AND VARIATION OF ITS REDUCTION

Abstract. The article describes the processes of hydroabrasive wear of centrifugal ground pumps. The characteristics of dependence of specific power consumption, size of supply and pump head on the volume of recycled abrasive material are established. As a result of the research the service life of the ground pump by the average square

value of vibration velocity is found. Also as a result of research empirical dependences which allow to estimate kinematic parameters of pump units with transporting medium with solid inclusions are received. Based on the control of vibration parameters, in particular vibration velocity, regulated by industry and international standards, taking into account statistical data on slurry pumps failures at mining and processing plants, it is possible to predict the residual life of pump units in the process of operation, as a function of hydro-abrasive wear of the impeller.

Keywords: ground pumps, abrasive slurry, pumps wear, centrifugal pumps.

[1]А.М. Сейтханов, [2]В.В. Поветкин, [3]А.З. Букаева
([1]Satpayev University,
Алматы, Казахстан, azamat__86@mail.ru
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, vv1940_povetkin@mail.ru
[3]Yessenov University, Актау, Казахстан, amina_bukaeva@mail.ru)

ИЗНОС ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И ВАРИАЦИИ ЕГО СНИЖЕНИЯ

Аннотация. В статье изложены процессы гидроабразивного износа центробежных грунтовых насосов. Установлены характеристики зависимости удельного расхода мощности, величины подачи и напора насоса от объема переработанного абразивного материала. В результате исследования найден ресурс работы грунтового насоса по средней квадратического значения виброскорости. Также в результате исследования получены эмпирические зависимости, которые позволяет оценить кинематические параметры насосных агрегатов с транспортирующей средой с твердыми включениями. На основе контроля параметров вибрации, в частности виброскорости, регламентированных отраслевыми и международными стандартами с учетом статистических данных по отказам шламовых насосов на горно-обогатительных комбинатах, можно в процессе эксплуатации прогнозировать остаточный ресурс насосных агрегатов, как функции гидроабразивного износа рабочего колеса.

Ключевые слова: грунтовые насосы, абразивная гидросмесь, износ насосов, центробежные насосы.

Введение

Грунтовые насосы, выпускаемые заводами-изготовителями, должны удовлетворять определенным техническим требованиям. Детали насоса, отделяющие перекачиваемую жидкость от внешней среды, должны быть прочными и плотными. У насосов в сборе не допускается просачивание жидкости при всех режимах работы в местах неподвижных соединений.

Наличие в гидросмеси твердых абразивных частиц приводит к быстрому изнашиванию уплотнительных сальниковых устройств и уплотнения со стороны входа. Для увеличения срока службы в узел сальникового уплотнения насоса подается промывочная вода [1]. Перемещая в процессе работы абразивную гидросмесь, детали насоса подвергаются интенсивному изнашиванию, движущимися в потоке абразивными частицами. При перекачивании гидросмесей с крупными твердыми включениями эти детали подвергаются также и ударному воздействию.

Гидроабразивное изнашивание – процесс постепенного изменения размеров, формы или состояния поверхности, происходящий в результате воздействия твердых абразивных частиц, взвешенных в жидкости и перемещающихся вместе с последней относительно изнашиваемой поверхности.

Гидроабразивный износ является результатом гидроабразивного изнашивания деталей. Под гидроабразивным износом обычно понимают разрушение деталей проточной части. Он является основным из факторов, определяющих эффективность применения гидротранспорта. Сущность гидроабразивного износа заключается в совместном воздействии на изнашиваемую поверхность твердых частиц и несущей жидкости, которое проявляется в виде трения и ударного контактирования твердых частиц и несущей жидкости с рабочими поверхностями насосов [2].

Процесс гидроабразивного износа насосов является следствием суммарного действия всех видов разрушения: абразивного, кавитационного, эрозионного и коррозионного. Износ насосов может быть равномерно распределенным по всей поверхности и возникающим только на определенных участках, наиболее подверженных гидроабразивному износу. -Вследствие гидроабразивного износа на горно-обогатительных комбинатах наиболее часто заменяются рабочие колеса, бронедиски и корпуса (улитки) насосов.

Гидроабразивный износ деталей грунтового насоса определяется по формуле:

$$\Delta_a = \Delta\rho \frac{\pi d^3}{12g} \rho_T v_T^2 n_ч \sin\alpha , \qquad (1)$$

где: $\Delta\rho$ - коэффициент, учитывающий прочность материала изнашиваемой детали и абразивные свойства частиц твердого; π = 3,14; d – средний диаметр частиц твердого, мм; v_T – скорость движения твердого, м/с; T – плотность твердого тела, т/м^3; g – ускорение свободного падения, м/с^2; - угол атаки, градусы; $n_ч$ – число соударяющихся с изнашиваемой поверхностью частиц за единицу времени [3].

Разрушение происходит вследствие непрерывных соударений, транспортируемых потоком твердых частиц с поверхностью детали. В момент соударения происходит преобразование деформации материала обтекаемой потоком детали. При остаточных деформациях частички поверхностного слоя будут отделяться от основной массы детали, оставляя след, имеющий значительную шероховатость из-за характера воздействия, кристаллического строения и неоднородности металла. Бесчисленные соударения твердых частиц, транспортируемых потоком, с поверхностью детали, даже если они вызывают только упругие деформации материала, также приводят в конечном итоге к разрушению поверхности из-за явлений усталости металла. Жидкая среда при этом оказывает разупрочняющее действие, ускоряя тем самым процесс усталостного разрушения [4].

В большинстве случаев носителем абразивных частиц является активная жидкая среда, процесс абразивного разрушения усугубляется коррозионными явлениями. Обычно поток гидросмеси в каналах насосов турбулентен. Вместе с тем в потоке гидроабразивной смеси происходит интенсивное вихреобразование, которое обусловливает пульсации абразивных частиц жидкости, находящихся в вихревом движении. Вследствие наличия вихрей и турбулентности потока мгновенная скорость частиц может изменяться в любых направлениях. В результате этого твердые частицы, содержащиеся в потоке, ударяют по поверхности деталей под различными углами атаки, вызывая тем самым её износ.

На поверхности деталей, работающих в гидроабразивной среде, обнаруживаются участки, изношенные сравнительно равномерно, и участки, разрушение которых имеет вид отдельных углублений или сквозных каверн, т.е. отмечается износ общий и местный. Результат местного износа – глубокие каверны ложбинообразной формы с характерной волнистостью боковой поверхности. Очень часто такие каверны образуются на стыке деталей, например бронедиска и корпуса насоса, в местах наплавки и т.д. Максимальная глубина каверн может быть равна толщине стенки детали, в то время как общий износ за тот же период работы обычно бывает незначительным. Отмеченное свидетельствует о том, что местный износ протекает в несколько раз быстрее общего износа [5].

Большое влияние на интенсивность износа деталей насосов оказывает наличие кавитации. При наличии кавитации срок службы деталей насосов резко уменьшается. Лопасти рабочих колес центробежных насосов разрушаются от кавитации обычно со всасывающей стороны. Интенсивность износа увеличивается по направлению к выходной кромке лопасти. Если выходные кромки заострены, то они могут быть подвержены весьма интенсивному кавитационному разрушению.

Помимо разрушения рабочих колес гидродинамическая кавитация может вызвать разрушение неподвижных деталей насосов и, а первую очередь, стенок спиральных отводов (корпуса) и бронедисков, особенно в месте стыка бронедиска и крышки насоса.

Обычно последствия износа гидромашин в результате изнашивания их рабочих деталей в гидроабразивных средах проявляются двояко. Во-первых, ухудшаются технологические и энергетические показатели машин (снижаются производительность и КПД; возрастают потери ценных компонентов и расход электроэнергии), во-вторых, для проведения ремонтных работ по устранению последствий износа рабочих деталей требуются значительные затраты труда, материалов и запчастей [6].

В процессе эксплуатации насоса происходит постепенное изнашивание деталей, вследствие чего изменяются его характеристики. Износ различных элементов проточной части насоса по-разному сказывается на изменении характеристик насоса.

В грунтовых насосах наибольшему износу подвержены детали, имеющие соприкосновение с пульпой. Все быстроизнашиваемые детали можно разделить на две группы: к первой относятся детали, износ которых влияет на характеристики насоса, – рабочее колесо, детали уплотнения со стороны входа в колесо (уплотняющее и регулирующее кольца, бронедиск); ко второй – детали, износ которых не влияет на характеристики: отвод, всасывающий патрубок, бронедиск со стороны ведущего диска колеса. Износ не всех поверхностей деталей первой группы оказывает влияние на характеристики

насоса, например, последние не изменяются даже при значительном износе внутренних поверхностей дисков колеса.

При работе на гидросмесях с мелкими твердыми включениями наиболее быстро изнашиваются щелевые уплотнения, расположенные со стороны входа в рабочее колесо, и рабочие поверхности лопасти, особенно её входные участки. Изменение характеристики насоса в этом случае обусловлено прежде всего износом щелевого уплотнения. По мере изнашивания этого уплотнения увеличивается зазор, а следовательно, и утечки. Это означает, что при одних и тех же значениях напора и мощности подача насоса снижается на величину дополнительной утечки. Расход жидкости через колесо при этом не изменяется. Следовательно, по мере изнашивания уплотнения и увеличения утечек характеристики насоса смещаются в сторону меньших подач, т.е. при работе на одну и ту же сеть напор насоса снижается, а мощность возрастает.

Изнашивание рабочих поверхностей лопастей, особенно в выходной части, сказывается следующим образом. В начальный период эксплуатации износ приводит к некоторому изменению угла выхода, что мало отражается на изменении характеристик. В дальнейшем по мере изнашивания выходных участков лопасти уменьшается диаметр рабочего колеса, в результате чего снижается напор и мощность. При больших углах выхода лопастей изнашивание происходит весьма интенсивно, и влияние их износа на характеристики может оказаться более существенным, чем влияние износа зазоров. Однако в современных конструкциях грунтовых насосов углы выхода лопастей не превышают, как правило, 20-22°, что резко снижает износ выходных кромок и влияние его на изменение характеристик. Таким образом, при работе насосов на гидросмесях с мелкими твердыми включениями главное влияние на характеристики оказывает износ уплотнений.

При работе на гидросмесях с крупными твердыми включениями наиболее интенсивному изнашиванию подвергаются входные участки лопасти, при практическом отсутствии изнашивания остальных участков рабочего колеса и уплотнений. Износ входных элементов лопасти сказывается на ухудшении всасывающей способности и снижения напора и мало влияет на мощность. При изнашивании входных участков лопасти входная кромка смещается на большие диаметры, что приводит к снижению допустимой высоты всасывания. Одновременно ухудшаются условия обтекания лопастей, в результате чего, кроме ухудшения кавитационных качеств, возникают дополнительные гидравлические потери в каналах, что приводит к снижению напора.

Отводы грунтовых насосов изнашиваются менее интенсивно, чем рабочие колеса, поэтому влияние их износа на характеристики насоса менее заметно [7].

В первый период эксплуатации, когда под действием гидроабразивного потока сглаживаются местные неровности поверхности каналов, напор насоса КПД могут несколько возрастать из-за снижения гидравлических потерь в насосе. Однако такое повышение может быть только очень кратковременным, так как начинающееся (достаточно быстро по времени эксплуатации) изнашивание поверхностей деталей, образующих щелевые зазоры в уплотнении со стороны входа в рабочее колесо, приводит к увеличению переточек, т.е. снижению напора насоса.

По мере изнашивания входных кромок лопастей изменяется напорная характеристика насоса. Входные кромки постепенно укорачиваются, особенно со стороны ведущего диска, изменяется угол атаки и увеличивается относительная скорость потока, обтекающего лопасти. При этом теоретический напор, зависящий от мощности насоса, не изменяется, а напор насоса снижается, что указывает на увеличение гидравлических потерь на входе в колесо.

При изнашивании входных лопастей существенно ухудшается и всасывающая способность насоса. По мере повышения износа увеличивается средний радиус расположения входной кромки лопасти, что приводит к уменьшению меридиональной скорости потока на входе в колесо и увеличению его окружной скорости, особенно в местах максимального износа.

Происходящее в процессе эксплуатации изнашивание рабочих поверхностей лопасти не влияет на изменение напора до тех пор, пока не начнется изнашивание входных кромок лопастей, так как последнее приводит фактически к уменьшению диаметра рабочего колеса на выходе [8].

Основным энергетическим показателем, характеризующим эффективность работы любой гидравлической машины, является, как известно, её к.п.д. Вследствие потерь внутри насоса только часть механической энергии, полученной от двигателя, преобразуется в энергию потока жидкости. Помимо этого величина к.п.д., а следовательно и энергетические характеристики насоса меняются со временем. В результате износа рабочих органов, вызванного кавитацией и износами, происходит увеличение потерь и как следствие этого уменьшение отдельных составляющих к.п.д.

Увеличение шероховатости поверхностей вследствие кавитационной эрозии приводит к повышению гидравлических потерь на трение, а разрушение входных и, особенно, выходных кромок лопастей рабочих колес вызывает отклонение линий тока от расчетных значений. Все это в сумме приводит к резкому уменьшению гидравлической составляющей к.п.д. С износом насоса увеличиваются и механические потери. Вследствие увеличения протечек изменяется режим течения в области между колесом машины и корпусом, что может стать причиной значительного возрастания потерь на дисковое трение. Кроме того, неизбежная неравномерность износа колеса может вызвать нарушение баланса, что, в свою очередь, приводит к разрушению подшипников, одностороннему износу вала и вызывает интенсивные вибрации, снижающие механический к.п.д. насоса.

В.К. Супруном установлено, что после переработки насосом около 100 тыс. м^3 гидросмеси его напор и подача снизились в среднем на 50% при возрастании более чем в 2 раза удельного расхода мощности в расчете на 1 м^3 перемещенного абразивного материала (рисунки 1, 2, 3) [8].

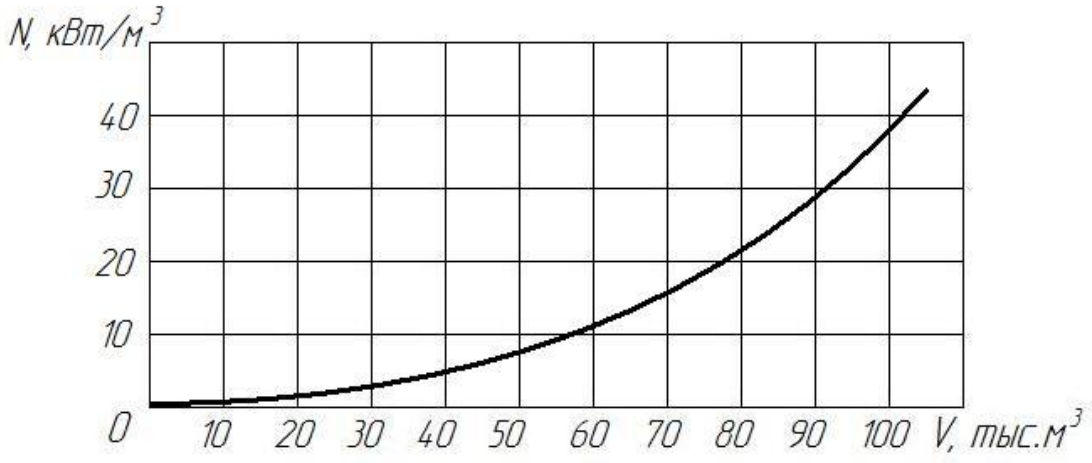


Рис.1. Зависимость удельного расхода мощности от объема переработанного абразивного материала

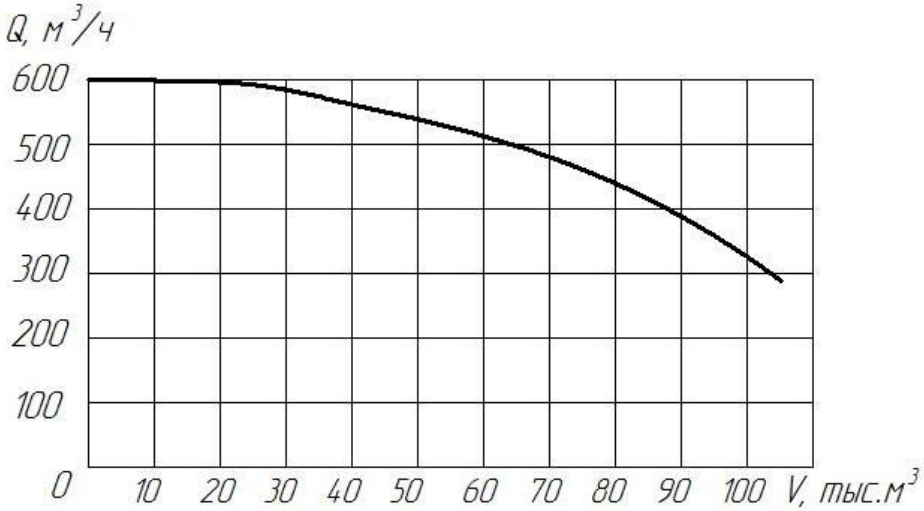


Рис.2. Зависимость величины подачи насоса от объема переработанного абразивного материала

По мере увеличения объема *V* переработанного абразивного материала, а следовательно и износа рабочих деталей грунтового насоса, напор *H*, подача *Q* резко уменьшаются. Анализ приведенных зависимостей показывает, что продолжительность межремонтного периода, т.е. срок службы рабочих деталей грунтового насоса, следует определять не только по потере массы детали вследствие износа, но и по снижению основных показателей работы насоса (*H, Q*) [9].

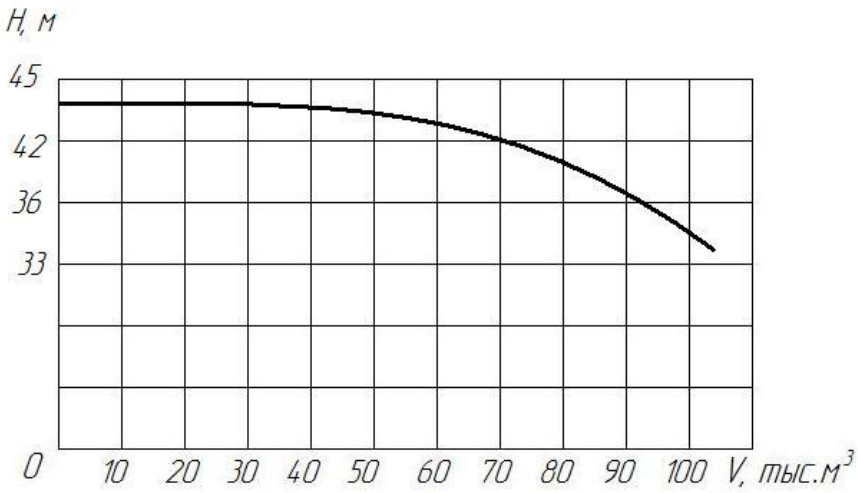


Рис. 3. Зависимость величины напора насоса от объема переработанного абразивного материала

Гидроабразивный износ рабочего колеса грунтового насоса и других его рабочих деталей является основной причиной снижения рабочего ресурса самого насоса и всей гидротранспортной системы. При развитии гидроабразивного износа рабочих поверхностей рабочего колеса отмечается изменение вибрационного спектра на основных опорных узлах насосной установки. Превышение допустимых колебаний корпуса передается опорным узлам, которые воспринимают значительные знакопеременные динамические нагрузки, приводящие к их разрушению.

Гидроабразивный износ рабочего колеса грунтового насоса и других его деталей является основной причиной снижения рабочего ресурса самого насоса и всей гидротранспортной системы. При развитии гидроабразивного износа рабочих поверхностей рабочего колеса отмечается изменение вибрационного спектра на основных опорных узлах насосной установки. Превышение допустимых колебаний корпуса насоса передается опорным узлам, которые воспринимают значительные знакопеременные динамические нагрузки, приводящие к их разрушению.

Общие наблюдения за работой грунтовых насосов показывают, что при определенном времени наработки значительно изменяются вибрационные характеристики, в основном на корпусах радиально-упорных подшипников. Для грунтовых насосов характерны низкочастотные вибрационные спектры в диапазоне от 10 до 30 Гц и с большой амплитудой колебательного процесса – виброперемещений до 600 мкм [9].

Основным фактором вызывающим вибрационную неуравновешенность ротора грунтового насоса является гидроабразивный износ рабочего колеса, обладающего наибольшей маховой массой. При неравномерном износе рабочих поверхностей рабочего колеса, обусловленного абразивным воздействием потока гидросмеси, происходит смещение центра массы ротора насоса с последующим развитием эксцетриситета между геометрической осью вала ротора и осью, проходящей через центр масс рабочего колеса.

Значительный гидроабразивный износ рабочего колеса обусловлен объективными факторами:

1. Несовершенство конструкции самого грунтового насоса, заключающееся в неправильной геометрии улиты насоса, отличной от идеальной соответствующей теории турбомашин Эйлера.

2. Конечное и минимальное число лопаток рабочего колеса с углами входа и выхода, рассчитываемых для чистой и однородной жидкой среды, что при работе на двухфазных дисперсных средах. Значительно отражается на пульсационных характеристиках потока на выходе из спирального отвода корпуса насоса.

3. Не полное соответствие применяемых типоразмеров грунтовых насосов теория подобия, в частности, отклонение коэффициента быстроходности грунтовых насосов от предельного значения.

4. Все перечисленные факторы являются причиной повышенной пульсации перекачиваемого потока гидросмеси как на входе в рабочее колесо, так и при выходе из него в спиральный отвод и далее в нагнетательный патрубок. Пульсирующий характер потока пульпы усиливает его абразивное воздействие на рабочие поверхности и приводит к возникновению очагов кавитации, дополнительно повышающей неуравновешенность системы.

5. Применение материалов, с повышенными прочностными характеристиками, может привести к некоторому снижению интенсивности гидроабразивного износа, но не исключит это явление из рабочего процесса, как фактора влияющего на надежность гидротранспортных систем и грунтового насоса.

6. Неравномерный гидроабразивный износ рабочего колеса провоцирует развитие вибрационных процессов, передаваемых от рабочего колеса валу насоса, опорным подшипникам и далее раме насосного агрегата и всей системе в целом. Пульсирующий характер перекачиваемого оттока вносит свой дополнительный вклад в вибрационный спектр.

7. Гидроабразивный износ рабочего колеса вызывает интенсификацию гидроабразивного изнашивания других ответственных деталей конструкции грунтового насоса, совокупность которых определяет общую схему гидроабразивного износа машины.

Несмотря на определенную сложность закона изменения вибрации в процессе работы насоса, ее можно рассматривать с точки зрения квазистационарного режима с помощью линейной функции, рисунок 4.

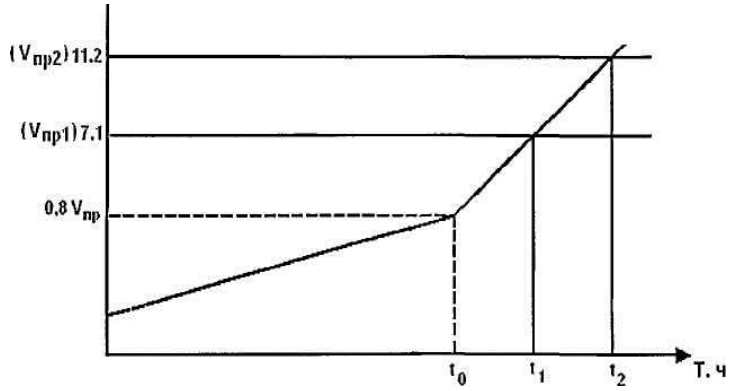


Рис. 4. Определение ресурса грунтового насоса по средней квадратического значения виброскорости

В области изменения виброскорости от начального стандартного значения до предельно допустимого, равного 0,8 $V_{пр}$ этот тренд можно представить прямой линией, проведенной через значения вибрации, полученные в процессе их измерения. При достижении уровня вибрации, равного 0,8 $V_{пр}$, кривая изменения интенсивность изменения виброскорости возрастает, и линия тренда пойдет круче, под большим углом к оси абсцисс, оси времени наработки.

Точка пересечения кривой виброскорости и предельного допустимого уровня вибрации определяет время наступления этого предельного значения вибрации, т.е. время наработки насосного агрегата в ремонт.

Предельные значения виброскорости в точках контроля грунтовых насосов являются параметрами, по величине которых должны настраиваться агрегатные средства защиты, обеспечивающие автоматическое включение резервных насосных агрегатов.

Выводы

Таким образом, можно заключить, что гидроабразивный износ является основным фактором возникновения неисправностей насосного агрегата, сопровождающийся проявлением дефектов других основных элементов конструкции грунтового насоса, в совокупности, влияющие на общую работоспособность гидротранспортной системы и ее технический ресурс.

На основе контроля параметров вибрации, в частности виброскорости, регламентированных отраслевыми и международными стандартами с учетом статистических данных по отказам шламовых насосов на горно-обогатительных комбинатах, можно в процессе эксплуатации прогнозировать остаточный ресурс насосных агрегатов, как функции гидроабразивного износа рабочего колеса.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Seitkhanov A., Povetkin V., Bektibay B., Tatybayev M., Bukayeva A. Improvement of the design of hydraulic transport devices for the transport of hydroabrasive media in the enrichment industry // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, - №5/1 (101), 2019. - p. 6-16. ISSN 1729-3774.

[2] Лем В.П. Анализ изнашивания поверхностей рабочих деталей грунтовых насосов //Международная научно-практическая конференция. Архитектура и строительство в новом тысячелетии. – Алматы, 2008. – С. 227-231.

[3] Поветкин В.В., Лем В.П. Гидроабразивный износ грунтовых и песковых насосов //Вестник КазНТУ. – Алматы, 2008. - №6(69). – С.51-54.

[4] Лем В.П., Кабулов А.А. Износ бронедиска грунтового насоса и способ увеличения срока службы бронедиска //Международная конференция. Форсированное индустриально-инновационное развитие в металлургии. – Алматы: КазНТУ, 2010. – С. 182-184.

[5] Восстановление и повышение износостойкости и срока службы деталей машин [Электронный ресурс]: Учебное пособие – Запорожье: Изд-во ЗГТУ., 1999. – 311 с.

[6] Поветкин В.В., Лем В.П. Проблема гидроэрозии рабочих деталей грунтовых насосов / Первая международная научно-техническая конференция. Новое в станкостроении, материаловедении и автоматизированном проектировании машиностроительного производства. Том 1. – Алматы, 2010. – с.53-55.

[7] Povetkin V.V., Kerimzhanova M.F.Orlova Y.P., Bukayeva A.Z. Improvement of equipment for transport of slurry in mineral processing production // Mining Informational and Analytical Bulletin. - № 6, 2018, - Moscow, ISSN 0236-1493, - p.161-169.

[8] Seitkhanov A., Povetkin V., Ivanov S., Bukayeva A. Improvement of ground pumps for transport of slurry // IV International scientific conference winter session INDUSTRY 4.0, 11 - 14 December 2019, Borovets, Bulgaria. – p. 357-359.

[9] Повышение износостойкости горно-обогатительного оборудования. Под ред. док. техн. наук Н.С. Пенкина. - Москва: Недра, 1992. – 269 с.

Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.

Гидроабразивті әсер ету және оның төмендеу вариациясы кезінде жер асты сорғыларының тозуы

Түйіндеме. Мақалада центрифугалық жер асты сорғыларының гидроабразивті тозу процестері сипатталған. Нақты қуат ағымының, сорғының берілісі мен қысымының өңделген абразивті материалдың көлеміне тәуелділігінің сипаттамалары белгіленген. Зерттеу нәтижесінде діріл жылдамдығының орташа квадраттық мәнінің өзгеру кестесіне сәйкес топырақ сорғысының жұмыс ресурсы табылды. Сондай-ақ, зерттеу нәтижесінде қатты қосылыстары бар тасымалдаушы ортасы бар сорғы қондырғыларының кинематикалық параметрлерін бағалауға мүмкіндік беретін эмпирикалық тәуелділіктер алынды. Тау-кен байыту зауыттарындағы шлам сорғыларының істен шығуы туралы статистикалық деректерді ескере отырып, салалық және халықаралық стандарттармен реттелетін діріл параметрлерін, атап айтқанда діріл жылдамдығын бақылау негізінде жұмыс кезінде сорғы агрегаттарының қалдық ресурсын жұмыс доңғалағының гидроабразивті тозуының функциясы ретінде болжауға болады.

Түйінді сөздер: топырақ сорғылары, абразивті гидравликалық қоспа, сорғылардың тозуы, орталықтан тепкіш сорғылар.

ӘӨЖ 504.53.054

A. Serikbayeva, F. Khozhanepessova
(Yessenov university, Aktau, Republic of Kazakhstan, fariza_eco@mail.ru)

STUDY OF THE OIL-OXIDIZING ACTIVITY OF IMMOBILIZED MICROORGANISMS-DESTRUCTORS ON MINERAL CARRIERS.

Abstract. This study presents the results of a model laboratory experiment to study the oil-oxidizing activity of immobilized-oil destructors on mineral carriers. For the experiment, non-ferrous waste from the Karazhanbas Deposit in the Mangistau region was selected. The highest rates of biological remidiation were observed in oil destructors immobilized on expanded clay. It is shown that further research will help to develop an optimal bioremidition strategy in the hot climate of the Mangystau region.

Key words: Oil-contaminated soil, bacteria, biodegradation, immobilized cells, crude oil, gravimetric method.

А. Серикбаева, Ф. Хожанепесова
(Каспийский государственный университет технологии и инжиниринга им.Ш.Есенова,
Актау, Республика Казахстан, fariza_eco@mail.ru)

МИНЕРАЛДЫҚ ТАСЫМАЛДАҒЫШТАРҒА ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАНҒАН ДЕСТРУКТИВТІ-МИКРОАҒЗАЛАРДЫҢ МҰНАЙДЫ ТОТЫҚТЫРҒЫШ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Аннотация. Бұл жұмыста минералды тасымалдағыштарға иммобилизациаланған мұнайдеструкторларының көмірсутек ыдырату белсенділігін зерттеу бойынша модельдік лабораториялық эксперимент нәтижелері келтірілген. Тәжірибе үшін сынама ретінде Қаражанбас кен орнындағы мұнай қалдықтары пайдаланылды. Тасымалдағыш ретінде цеолит пен керамзит минералдары қолданылды.

Эксперимент нәтижесінде биологиялық ремидиацияның жоғары көрсеткішін керамзитке иммобилизацияланған мұнайдеструкторлары көрсетті.

Кілт сөздер: Мұнаймен ластанған топырақ, бактерия, биодеградация, иммобилизацияланған микроағзалар, шикі мұнай, гравиметриялық әдіс.

Кіріспе. Бүгінгі күні мұнайдың ластануы әлемдік ауқымдағы экологиялық проблеманы туындатып отыр. Ресми мәліметтерге сәйкес, Қазақстан Республикасының мұнайгаз өндірісінің 30 % Маңғыстау облысына тиесілі. Маңғыстау облысында өндірілетін мұнай қоры 725 млн. тоннаға тең, мұнда барланған және дамыған 70-тен астам кен орындары орналасқан. Ең ірі кен орындары - Өзен, Жетібай, Қаламқас, Қаражанбас. 2019 жылы өңірде орташа есеппен 18 млн. 266 мың тонна мұнай өндірілді [1].

Мұнай өнеркәсібі кезінде қоршаған ортаны қорғаудың өзекті мәселелерінің бірі – ауыл шаруашылық жерлерді, өндірістік алаңдарды мұнаймен ластанудан тазарту. Әсіресе бұл мәселені аридтік климат, топырақ пен жер беті суларының тұзданууы күшейтеді. Өте тұтқыр мұнай қоспасы авариялық мұнай төгілу жағдайында топырақтың физика-химиялық қасиеттеріне орасан зор зиян келтіреді. Топырақ бетіне қатты битум қабығы пайда болып, әрі қарай жердің пайдалану құндылығының төмендеуіне әкеледі. Мұнай қалдықтары мұнай шикізатын дайындау процесстерінен, тұрақты бұзылмайтын эмульсиялардың, арнайы мұнай құбырларын тазартатын өнімдердің шығарылу нәтижесінде пайда болады[2].

Қазіргі уақытта мұнаймен ластанған топырақты экономикалық және экологиялық тұрғыдан перспективалы әдіс ретінде мұнай биодеградациясына жоғары қабілеті бар микроорганизмдердің әртүрлі топтарын пайдалануға негізделген биотехнологиялық тәсіл болып табылады. Аталған тәсіл өздерінің тіршілік әрекеті процесінде көмірсутектерді қарапайым қосындыларға дейін тотықтыратын микроорганизмдерге негізделген [3]. Әр түрлі тасымалдағыштарға иммобилизацияланған мұнай ыдыратқыш микроағзаларды қолдану көмірсутектермен ластанған топырақты тазалаудың тиімділігін арттырып, тазалау уақытын қысқартуға әкеледі. Тасымалдағышқа бекітілген микроағзалар тіршілікке жоғары бейімділігімен, қоршаған ортаның жағымсыз факторларына қарсы тұру қабілетімен, каталитикалық және жоғары мұнай тотықтырғыш белсенділігімен ерекшеленеді.

Эксперимент жүргізуге таңдалған минералдық тасымалдағыштар табиғатта кеңінен таралған. Сонымен қатар, бұл сынамалардың Қазақстанда кенорындары барланған, арзан және қайта қолдануға бейім келеді. Құрылымы кеуекті болғандықтан, топырақ аэрациясын және топырақ ылғалдылығын сақтайды.

Сорбциялық сыйымдылығының арқасында тасымалдағыш тез арада улы мұнай субстратын сіңіріп, зиянды заттардың топырақ қабатының төмен деңгейінің миграциясына кедергі болады [4]. Сонымен қатар, иммобилизацияланған микроағзалар топырақ аэрациясын жақсартып, мұнай құрамындағы көмірсутектерді адам және қоршаған орта үшін қауіпсіз қосылыстарға тотықтырады.

Осыған орай, бұл мақаланың мақсаты 2 түрлі минералды тасымалдағышқа иммобилизацияланған микроағзалар-деструкторларының мұнай көмірсутектерін тотықтыру белсенділігін анықтап, салыстыру.

Зерттеу әдістері мен нысандары. Топырақтағы мұнай мөлшерін анықтау үшін гравиметриялық әдіс пайдаланылды. Сынамадағы мұнай құрамын анықтау үшін хлороформмен экстракция жүргізілді. 5 г топырақ сынамасы тұрақты массаға дейін кептіріліп, сыйымдылығы 250 мл колбада хлороформмен дымқыл жағдайға дейін ылғалдандырылады. Соңғы порцияда түссіз сығынды алғанға дейін 10-15 мл хлороформ қосу арқылы экстракцияны бірнеше рет жүргізілді. Түссіз экстракты сорғыш шкафта ауа ағыны +26-28 ^{0}С буландырады. Хлороформ буланғаннан кейін стаканды MW-150 (Тайвань, 2004) аналитикалық таразыларында өлшенді [5]. Топырақ сынамасындағы мұнай құрамын келесі формуламен есептейді:

$$C= a-b / c*1000$$

Мұндағы: С – топырақтағы мұнай концентрациясы, мг/кг;
а – құрамында мұнай бар бюкс салмағы, мг/кг;
b – бюкстың тұрақты салмағы, мг;
с – анализге алынған сынама салмағы, г;
1000 – 1 кг топыраққа қайта есептеу коэффициенті.

Қаражанбас кен орнында ағымдағы жылы көктем мезгілінде мұнай қалдықтарынан келесідей сынамалар алынды.

1 сынама - мұнайшламы, майлы тұтқыр массадан тұрады;

2 сынама – бұрғылау шламы, мұнай өнімінің қатты иісі бар топырақ болып табылады;

3 сынама-асфальтен-шайыр-парафинді шөгінділердің күрделі қатты қоспасы болып табылатын тарихи ластанған топырақ.

Сынама ретінде тарихи мазутпен ластанған топырақ + бұрғылау шламы + мұнайшламы қоспасы әзірленді.

Мұнай қалдықтарымен ластанудың шекті рауалды концентрациясы нормаларына сәйкес 25000 мг/кг асатын объектілер қатты ластанған объектілерге жатады.

Биодеструктор ретінде цеолит және керамзит минералдарына иммобилизацияланған құрғақ қоректік ортада және қоректік агарда өсірілген *Dietzia maris U2.1, Dietzia sp U2.6, Dietzia sp MB3, Dietzia maris KU1* штаммаларынан құралған К1 микроағзалар консорциумы құрады. Лабораториялық эксперимент ұзақтығы 30 тәулікті құрайды.

Биологиялық тазарту кезең-кезеңмен жүргізілді:

1. Мұнаймен ластанған топырақты бөліп алу;
2. К1 микроағзалар консорциумы минералды тасымалдаушы цеолитке және де минералды тасымалдаушы керамзитке иммобилизациялау;
3. Белсенді иммобилизацияланған консорциумды алдын ала дайындалған сынамаларға енгізу;
4. Қоректік элементтерді енгізу;
5. 4-5 сағат сайын миксермен араластыру;
6. Кезеңмен араластырып, қопсытып, ылғалдандыру.

Сонымен қатар, Қаражанбас кенорнының климаттық жағдайлары 45-50^{0}С-қа дейін қыздырылған термостат жүйесінде және бөлме температурасы 15-25^{0}С-қа дейін имитацияланды [4].

Тәжірибені зертхана жағдайында жасау үшін көлемі 5 л пластик контейнерлері пайдаланылды.

1 – контейнерге: №1 сынама – микроағзалар консорциумы енгізілмеген бақылау сынамасы;

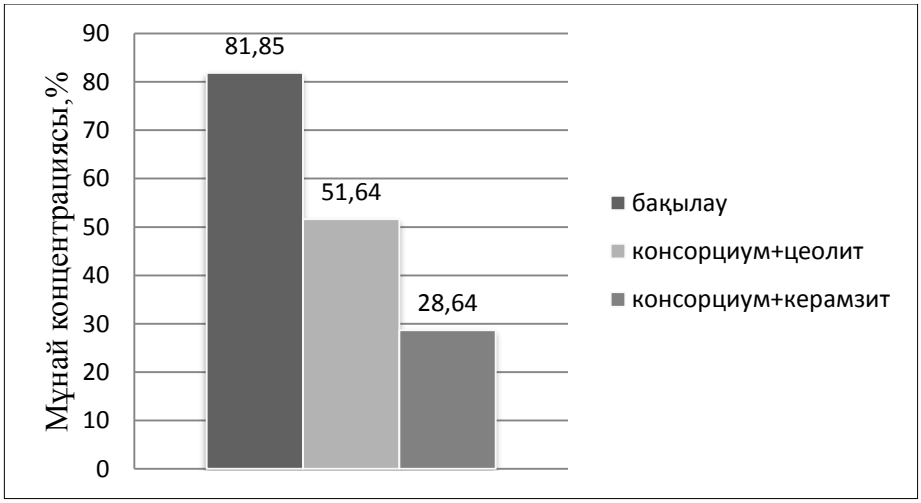
2 - контейнерге: №2 сынама - №1 консорциум + цеолит;

3 - контейнер: №3 сынама - №1 консорциум + керамзит;

Микроағзалар-деструкторлардың қосымша қорек ретінде кебек, көң пайдаланылды. Топырақ сынамасы мен консорциумдардың сұйық қоспасының pH ортасын (мұнаймен қалдықтары қоспасы және культуралдық сұйықтық қоспасына) индикатор қағазымен бақыланды. Эксперимент қоспасын қопсытып, сумен ылғалдандырды. Әр 4-5 сағат сайын миксермен араластырылып тұрды [7].

Әр 7 тәулік сайын тәжірибелі қоспадағы бактерия клеткаларының концентрациясы анықталды. 20 тәулік (бақылау мерзімі) ішінде клеткалар концентрациясы 10^8 КОЕ/мл шамасында болды.

Лабораториялық эксперимент өткізу барысында сынамалардағы микробтық қауымдастықтың жұмысы мен мұнай фракцияларының жартылай булануына байланысты мұнай көмірсутектерінің көлемінің азаюуы байқалды. Топырақ сынамасындағы тазалау процесінің бағалануы гравиметриялық әдіс арқылы жүргізілді. Биологиялық деструкциядан өткен топырақ сынамасын бөлме температурасында кептіреді. Тазалану деңгейі төменгі 1-суретте көрсетілген:



1 - сурет. Мұнаймен ластанған топырақты тазартудың талдау нәтижелері

30 тәуліктік тәжірибеден соң 2 контейнердегі №1 консорциум+цеолит сынамасының мұнай деструкциясы 42%, ал 3 контейнердегі №1 консорциум + керамзит қосылған сынамада деструкция деңгейі сәйкесінше 23% көрсетті. Керамзитке иммобилизацияланған консорциумның деструкция тиімділігі цеолитке қарағанда 19% артық. Салыстырмалы анализ нәтижесінде, керамзитке иммобилизацияланған консорциум Қаражанбас кен орны мұнай қалдықтарын биологиялық деструкцияның жоғарғы қабілетін айтуға болады.

Осылайша, лабораториялық эксперимент нәтижесінде, минералдық тасымалдағыштарға иммобилизацияланған *Dietzia maris U2.1, Dietzia sp U2.6, Dietzia sp MB3, Dietzia maris KU1* штаммаларынан құралған К1 микроағзалар консорциумы Қаражанбас кен орнынан алынған мұнай өнімдерімен ластанған топырақ сынамасын жоғары деструкция деңгейін көрсетті. Соның ішінде, керамзитке иммобилизацияланған штаммалар тазалаудың жақсы нәтижесін, яғни 19% артық деструкцияны көрсетті.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Мурзагалиев Р.С. Особенности геологического строения и разработки нефтяного месторождения Каражанбас //Геология нефти и газа. – 2003. – № 2. – С.26–29.

[2] Киреева А.Н., Водопьянов В.В., Мифтахова А.М. Биологическая активность нефтезагрязненных почв //М.: Гилем, 2001. – 377с.

[3] Новоселова Е.И. Использование ферментативной активности для мониторинга биоремедиации нефтезагрязненных почв //Вестник Оренбургского государственного университета. – 2007. – № 75. – С. 246–247.

[4]Е.С.Белик, Оценка эффективности применения биосорбента в технологии биологической очистки воды и почвы от нефтепродуктов. // Вестник Пермского национального исследовательского университета. -2017. - №4. – С.135-139.

[5] M.K.Kazankapova, A.J.Bekjanova, S.A.Efremov, A.K.Nurtaeva, M.K.Nauryzbaev. Treatment of oil-containing wastewater using microorganism immobilised on shungite//International Journal of biology and chemistry. – 2013. - №1.– P. 104-108.

[6] Yaohui Xa, Mang Lu. Bioremidiation of crude oil-contaminated soil: Comparison of different biostimulation and bioaugmentation treatments. // Journal of hazardous materials 183. – 2010.- C. 395-401.

Хожанепесова Ф., Серикбаева А.

Изучение нефтеокисляющей активности иммобилизованных микроорганизмов-деструкторов на минеральные носители.

Резюме. В статье представлены результаты модельного эксперимента активности биологической очистки углеводородов иммобилизованных на минеральных носителях. Для проведения исследования были подобраны пробы почвы загрязненные нефтью и нефтепродуктами. Высокую степень деструкции показали микроорганизмы иммобилизованные на минеральный носитель керамзит.

Ключевые слова: нефтезагрязненная почва, бактерия, иммобилизованные микроорганизмы, сырая нефть, гравиметрический метод.

ӘОЖ 67.15. 55

G. Makulbekova[1], Ye. Kocherov[1], A. Pivovarov[2], G. Kenzhalieva[1], A. Mamitova[1]
([1]M.Auezov South-Kazakhstan State university, Shymkent, Kazakhstan.
[2]Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnipro, Ukraine.
E-mail: erkebulan083@mail.ru)

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF JOINT HEAT TREATMENT OF BENTONITE CLAYS OF THE KYNGYRAK-KELES DEPOSIT AND TPP ASH IN ORDER TO OBTAIN HEAT-INSULATING AND FIREPROOF CERAMIC GRANULES

Abstract. The article analyzes the quality indicators of heat-insulating and fireproof porcelain stoneware. The results of a study of the process of joint heat treatment of bentonite clays and ash TPP in laboratory conditions are presented. As a result of research work, samples of porcelain granules from raw clay and ash TPP in certain proportions of the mixture. Changes in the coefficient of expansion and bulk density of samples of granular granules depending on the firing temperature are estimated. It was revealed that the ash of the Shymkent TPP can be suitable as an intensifier for the expansion of bentonite clays of the Kyngrak-Kelessky deposit.

Key words: heat insulation, fireproof, porcelain stoneware, deposit, expansion coefficient, clay, TPP ash, bulk mass, research.

Г. Мақұлбекова[1], Е. Кочеров[1], А. Пивоваров[2], Г. Кенжалиева[1], А. Мамитова[1]
([1]М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті, Шымкент, Қазақстан.
[2]Украина мемлекеттік химия-технологиялық университеті, Днепр, Украина.
E-mail: erkebulan083@mail.ru)

ЖЫЛУОҚШАУЛАУЫШ ЖӘНЕ ӨРТ ҚАУІПСІЗ КЕРАМОГРАНУЛЯТТАР АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚЫҢҒЫРАҚ-КЕЛЕС КЕНОРНЫ БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫ МЕН ЖЭС КҮЛДЕРІНІҢ БІРІККЕН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Түйіндеме. Мақалада жылу оқшаулауыш және өрт қауіпсіз керамогрануляттардың негізгі сапалық көрсеткіштері талдауға алынған. Зертханалық шарттарда бентонитті сазды шикізат пен ЖЭС күлдерін біріккен термиялық өңдеу үрдісін зерттеу нәтижелері ұсынылған. Зерттеу жұмыстарының нәтижесінде сазды шикізат пен ЖЭС күлінен белгіленген ара-қатынаста үлгілі керамогрануляттар алынған. Үлгілі керамогрануляттардың кеуектену коэффициентіне және көлемдік массасына ЖЭС күлінің температураға тәуелді әсері бағаланған. Шымкент ЖЭС күлдері Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары кеуектенуінің интенсификаторы ретінде қолданылу мүмкіндігін анықталды.

Кілітті сөздер: жылуоқшаулау, өрт қауіпсіз, керамогранулят, кенорны, кеуектену коэффициенті, саз, ЖЭС күлі, көлемдік масса, зерттеу.

Кіріспе. Керамогрануляттар өндірісі үшін жарамды саздарда шаңды бөлшектердің мөлшері 20% аспауы қажет, дәндерінің өлшемі 0,2 мм асатын карбонаттар болмауы керекжәне де орқаникалық қоспалардың мазмұны 1-2% аралығында болғаны тиімді [1,2].

Бірақ, мұндай шикізаттың шектеулілігі және өндірістің экономикалық тиімділігін қамтамасыз ету, кәсіпорын алдына өндірістік қалдықтарды қолдану мәселесін қояды. Аталған өндірістік қалдықтардың химиялық құрамы әрқашан керамзитті шикізаттарға қойылатын талаптарға толығымен сәйкес келе бермейді [1,2].

Керамогрануляттар өндірісінде қолданылатын кеуектенбейтін және әлсіз кеуектенетін саздарды қолданудың түрлі белгілі әдістері бар. Негізінен олар саздардың химиялық құрамын өзгерту, күйдіру кезінде түйіршектер беттігіндегі сұйық фазаны оқшаулау, күйдірудің спецификалық шарттарын жасау жолымен кеуектенудің температуралық аралығын ұлғайтуға бағытталған.

Термиялық күйдіру кезінде материалдың жабысып қалмауын болдырмау үшін, шикі түйіршектерді түрлі отқа төзімді қоспалармен бүрку ұсынылады. Бүркудің әсері жоғары дисперсті қиын балқитын бөлшектердің еруі кезінде түйіршектердің беттік қабатының тұтқырлығын жоғарылату есебінен кеуектену аралығын ұлғайтуға негізделген. Қиын балқитын бүрку қоспасы ретінде кварц құмын, алюмосиликатты тау жыныстарын, мұнайхимиялық және гидролизді өндірістердің қалдықтарын қоолдануға болады.

Шикізат құрамына органикалық, сілтілік және темір мазмұндайтын қоспаларды, сондай-ақ кешенді – органосілтілі, органотемірлі және темірсілтілі материалдар қосу кезінде сапалы нәтижелерге қол жеткізуге болады. Органикалық қоспаларды әсері қажетті тотықсыздандыру шарттарын жасауға негізделген және оларды құрамында темір тотығы 10% аспайтын шикізаттарға енгізген мақсатты.

Зерттеу жұмыстары барысында Түркістан облысы Сарыағаш ауданында орналасқан Қыңғырақ-Келес кенорнының сазды шикізаттары қолданылда. Тәжірибені жүргізу барысында Қыңғырақ-Келес кенорнының сазды шикізаттары таңдалып, МЛ-1р шарлы диірменде 1 мм өлшемді түптікті електен өтетіндей етіп ұнтақталды, сонан соң 30°С температурада кептіргіш шкафта тұрақты салмаққа дейін кептірілді.

Тәжірибелік жұмыстар үшін алдын-ала дайындалған және өлшенген сазды материал қоспалармен бірге АЛС-5 типті араластырғышта құрғақ күйінде мұқият араластырылды. Құғақ қоспаны сумен қоймалжың консистенция түзілгенше сумен ылғалдандырдық. Осылайша ылғалдандырылған қоспа 4 сағат бойында ұсталып тұрды, сонан соң қайта араластырылды. Дайындалған массадан нызыдау әдісімен пресс-таблетка үлгілері ПГМ-100МГ4А гидравликалық пресстің көмегімен дайындалды. Нызыдалған үлгілер 100-140°С температура кезінде тұрақты салмаққа дейін кептірілді.

Сазды шикізаттың маңызды қасиеттірінің бірі оттық және ауалық шөгуі болып табылады. Яғни, кепті ру үрдісі кезінде сазды үлгінің сызықтық өлшемдері мен көлемінің кішірейуі. Зерттелудегі саз үшін баяу табиғи кептіру шарттарында ауалық сызықтық шөгу шамасы 10,8%, ал кептірудің жасанды

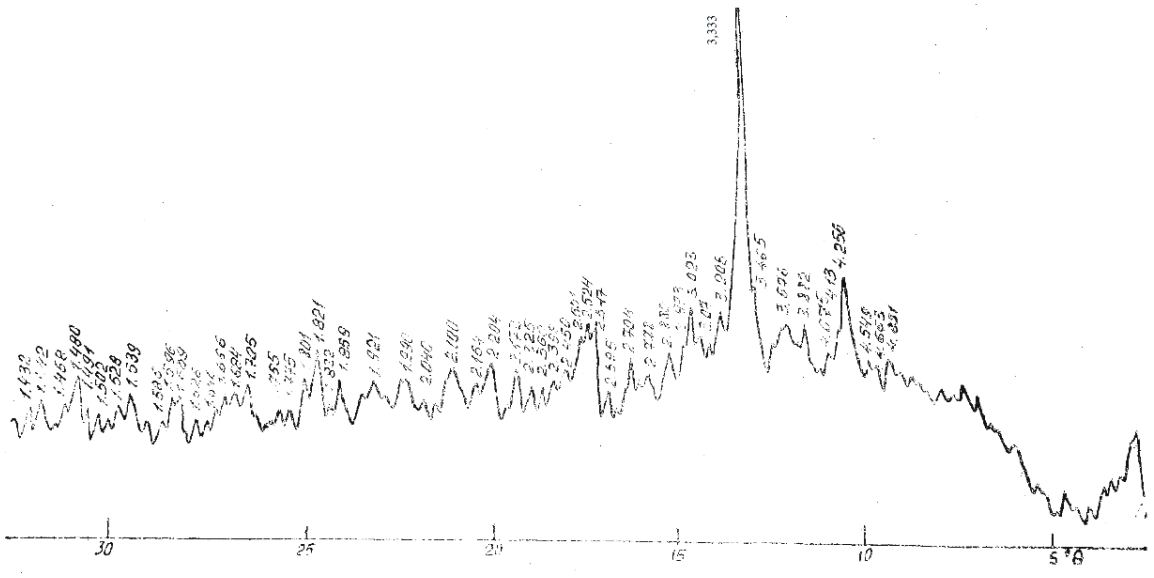
қатаң тәртіп кезінде – 7,8%. 950°С температура кезінде үлгілерді күйдіру үрдісіндегі оттық шөгу шамасы 5,5% [3,4].

Тәжірибелік бөлім. Үлгілерді термиялық дайындау муфелді пеште жүзеге асырылды, онда үлгілер 2 минутта 280-300°С дейін қыздырылды. Термиялық дайындаудан кейін үлгілер температураны жоғарылату минутына 10-15°С жылдамдықда 1085-1180°С кезінде күйдірілді. Зертханалық шарттардағы керамогранулятарды термиялық дайындаудың температура-уақыттық тәртібі 1 кестеде келтірілген.

Кесте 1. **Керамзитті гранулятарды термиялық дайындаудың температура-уақыттық тәртібі**

Синтездеу сатылары	Т, °С	Күйдіру уақыты, мин	
		қарапайым тәртіп	жеделдетілген тәртіп
Кептіргіш шкафта қыздыру	130	5	5
Термиялық қайындау	300	2	2
Пештегі температураны көтеру	1080-1180	23	13
Күйдіру температурасы кезінде ұстап тұру	1080-1180	7	5
Салқындатудың 1-ші сатысы	900-950	0,5-1	0,5-1
Салқындатудың 1-ші сатысы	30	7	5
		45	31

Органикалық (жанғыш) қоспа ретінде ЖЭС күлі қолданылды. Шымкент ЖЭС күлі келесідей минералдар қоспасынан тұрады: α-кварц (4,23; 3,333; 2,453; 2,285; 2,231; 2,125; 1,981; 1,812; 1,674; 2,534; 1,450Å), ортоклаз (4,033; 3,769; 3,242; 2,921; 2,859; 2,479; 2,388; 1,981; 1,911; 1,862Å), кальций карбонаты (3,89; 3,023; 2,479; 2,231; 2,084; 1,911; 1,761; 1,674; 1,646; 1,609; 1,516; 1,473; 1,432Å). Темірлі минералдар гематит (2,683; 2,205; 2,027; 1,832; 1,691; 1,601; 1,488; 1,450Å) және магнетит (4,704; 2,973; 2,515; 2,421; 2,084; 1,704; 1,614; 1,488Å) ретінде келеді. Сонымен қатар, алюминий ($Al_2O_3 \cdot H_2O$: d/n = 6,141; 3,181; 2,34; 1,832; 1,744; 1,646Å) және кальций (Al_2SiO_5: d/n = 5,539; 3,412; 2,901; 2,205; 1,587; 1,516; 1,432Å) гидрототықтарының дифракциялық сызықтары байқалады.

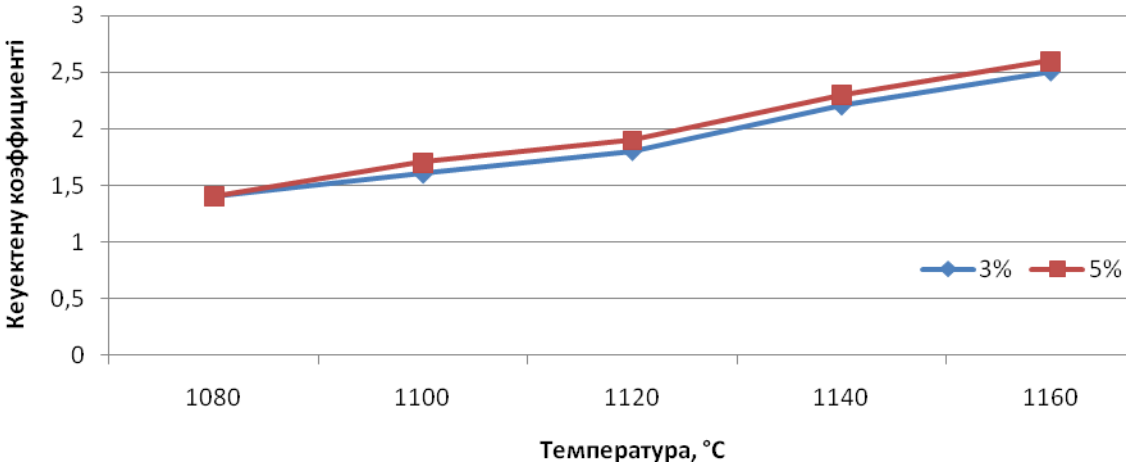


Сурет 1. Шымкент ЖЭС күлінің рентгенограммасы

Шымкент ЖЭС күлі дәндерінің өлшемі жағынан 1 мм аспайтын бір келкі ұнтақтан тұрады, органикалық бөлігінің мазмұны 14-32%.

Бастапқыда ЖЭС күлін дірілді стенд (елек №1) арқылы елеп алынды, сонан кейін АЛС-5 типті автоматты зертханалық араластырғышта саз ұнтағымен мұқият араластырылып, ылғалдандырылды. Аралстырылған массадан пластикалық әдіспенен қабырғаларының ұзындығы 20 мм кубтар қалыптанды. Дайындалған үлгілер кептірілді және муфельді пеште күйдірілді.

Нәтижелер. Құрамына 3% және 5% ЖЭС күлі қосылған зерттелудегі сазды 1100-1160°С температураға дейін күйдіру кезіндегі кеуектену коэффициенті 1,6-дан 2,6 дейін өзгерді. Аталған шарттарда ЖЭС күлінің қатысынсыз күйдірілген үлгілердің кеуектену коэффициенті 1,4-тен 1,5 дейін өзгерді. ЖЭС күлінің қоспасы бар саздан алынған түйіршектердің көлемдік массасы 0,987-ден 0,520 г/см^3 дейін өзгерген. Ал, күлді қоспасы жоқ саздан алынған түйіршектер – 1,665-тен 1,053 г/см^3 дейінгі көлемдік массаға ие (кесте 2, сурет 2 және 3).

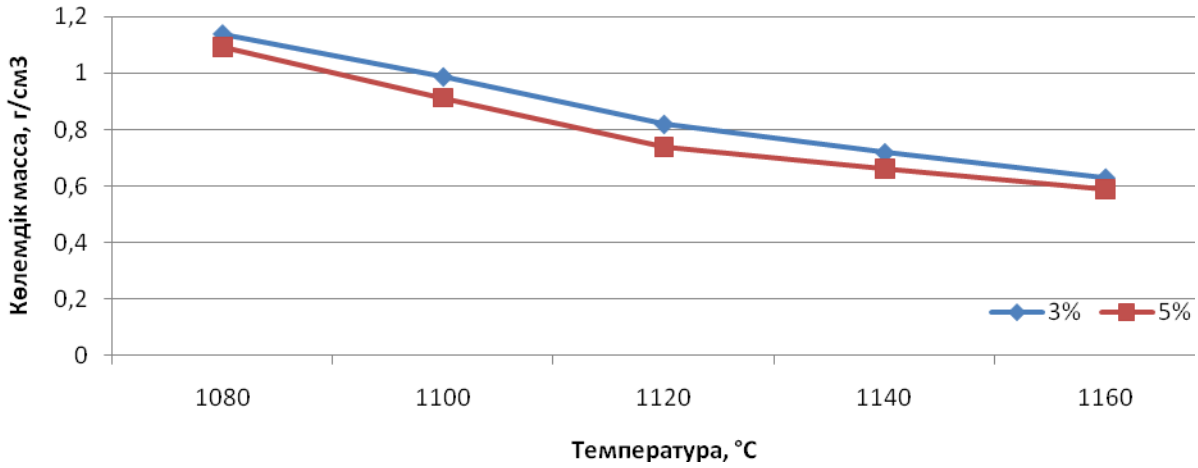


Сурет 2. Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогранулятгардың күйдіру температурасына тәуелді кеуектену коэффициентінің өзгеруі

Кесте 2. **Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогранулятгардың физика-механикалық көрсеткіштері**

Күйдіру температурасы, °С	Кеуектену коэффициенті	Көлемдік массасы, г/см^3	Ылғал сіңірімділігі, %	Жалпы (шынайы) кеуектілігі, көлем, %	Ашық (жұықтамалы) кеуектілігі, көлем, %	Жабық кеуектілігі, көлем, %
ЖЭС күлі 3%						
1080	1,4	1,139	7,2	55,3	8,5	46,8
1100	1,6	0,987	4,9	61,3	4,9	56,4
1120	1,8	0,819	5,1	67,9	4,1	63,8
1140	2,2	0,718	5,7	71,9	4,8	67,1
1160	2,5	0,629	6,4	75,3	4,0	71,3
ЖЭС күлі 5%						
1080	1,4	1,092	8,1	57,2	8,9	49,3
1100	1,7	0,913	7,4	64,2	6,8	57,4
1120	1,9	0,740	7,1	67,9	5,8	62,1
1140	2,3	0,664	7,0	74,0	4,6	69,4
1160	2,6	0,590	7,6	76,9	4,5	72,4

Кеуектену коэффициенті мен тығыздығының өзгеру сипаты түзу сызықты өзгеріске жақын. 5% күлді қосу кезіндегі көрсеткіштер 3% қосу шартына қарағанда біршама оңтайлы. 1160°С күйдіру температурасында түйіршектердің көлемдік салмағына қол жеткізуге болады.



Сурет 3. Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары мен ЖЭС күлді қоспасы негізінде алынған керамогранулятттардың күйдіру температурасына тәуелді көлемдік массасының өзгеруі

Тұжырым. 2 кестеде, 2 және 3 суреттерде келтірілген зерттеу жұмыстарының нәтижелері көрсеткендей, Шымкент ЖЭС күлдері Қыңғырақ-Келес кенорны бентонитті саздары кеуектенуінің интенсификаторы ретінде қолданылу мүмкіндігін айқындайды.

Энергиялық тиімді, өртқауіпсіз, жылуоқшаулауыш және экологиялық таза керамогрануляттар алуға жарамды және күйдіру кезінде кеуектенуге бейім Дарбаза және Қыңғырақ-Келес кен орындарының жеңіл балқитын монтморриллонитті, оңай балқитын және коллоидты саздары қосымша зерттелген [5].

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Каталог по индустриально-инновационным проектам Министерства по инвестициям и развитию РК. Астана, 2015. – 60 с.

[2] Бишимбаев В.К. и др. Минерально-сырьевая и технологическая база Южно-Казахстанского кластера строительных и силикатных материалов. - Алматы, 2009. – 266 с.

[3] Makulbekova G.O., Kambarova N.A., Sultanmurat K.S., Kocherov Ye.N. TO THE QUESTION OF THE USE OF THE SOUTH-KAZAKHSTAN LIGHT-FLOATING CLAYS OF MONTMORILLONITE AND COLLOIDAL COMPOSITION FOR OBTAINING HEAT-INSULATING AND FIRE-SAFETY CERAMSITE GRANULES // Proceesing V International Conference «Industrial Technologies and Engineering» ICITE – 2018, Volume I. M. Auezov South Kazakhstan State University. Shymkent, Kazakhstan November 28, 2018. –P.229-232.

[4] Жакипбаев Б.Е., Калдыбаев А.Б., Кочеров Е.Н. Сырьевая база Южного Казахстана для получения высокопрочных теплоизоляционных керамзитовых окатышей // Наука и Мир. 2014. № 8 (12). С. 44-46.

[5] Макулбекова Г.О., Тұрғын Э.Р., Кочеров Е.Н., Кенжалиева Г.Д. Қыңғырақ-Келес бентонитті саздарын жылуоқшаулауыш және өртқауіпсіз керамзитті грануляттар алуда қолдану мүмкіндігі // Материали XV МНПК ACHIEVEMENT OF HIGH SCHOOL -2019. 15 - 22 November 2019г. Volume 8. София. «Бял ГРАД-БГ ОДД», 2019. p.17-22.

Макулбекова Г.О., Кочеров Е.Н., Пивоваров А.А., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д.

Исследование процесса совместной термической обработки бентонитовых глин Кынгырак-Келесского месторождения и золы ТЭС с целью получения теплоизоляционных и пожаробезопасных керамогранулятов

Резюме. В статье проанализирован качественные показатели теплоизоляционных и пожаробезопасных керамогранулятов. Приведены результаты исследования процесса совместной термической обработки бентонитовых глин и золы ТЭС в лабораторных условиях. В результате исследовательских работ получены образцы керамогранулятов из сырьевой глины и золы ТЭС в определенных соотношениях шихты. Оценены изменения коэффициента вспучивания и объемная масса образцов керамогранулятов в зависимости от температуры обжига. Выявлено, что золы Шымкентской ТЭС могут быть пригодны в качестве интенсификатора вспучивания бентонитовых глин Кынграк-Келесского месторождения.

Ключевые слова: теплоизоляция, пожаробезопасный, керамогранулят, месторождение, коэффициент вспучивания, глина, золы ТЭС, объемная масса, исследование.

УДК 004

[1]A.A.Mukhanova, [1]I.A.Idrissova, [2]A.A. Ismailova, [1]M.Makhanov
([1]Eurasian National Universitynamedafter L.N. Gumilev,
[2]S.Seifullin Kazakh Agricultural Technical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: iidrissova45@gmail.com)

INFORMATION SECURITY INCIDENT RESPONSE MODEL

Abstract. The fast pace of development and dissemination of information technology, the full automation of all work on the collection and generation of statistical information, the introduction of large databases with limited distribution data require the creation of an integrated information security system. The study aims to create a model for responding to information security incidents. The main objective of this model is to reduce the response time to information security incidents and restore the normal functioning of the information and communication infrastructure as quickly as possible, with minimal negative impact on the information and communication infrastructure, maintaining the best levels of accessibility.

Keywords: incident, information security, vulnerabilities, threats.

[2]А.А. Муханова, [2]И.А. Идрисова, [1]А.А. Исмаилова, [2] М.Маханов
([1]Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина,
[2]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева,
Нур-Султан, Республика Казахстан
E-mail: iidrissova45@gmail.com)

МОДЕЛЬ РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аннотация: Быстрые темпы развития и распространения информационных технологий, полная автоматизация всех работ по сбору и формированию статистической информации, внедрение крупных баз с данными ограниченного распространения требуют создания целостной системы безопасности информации. Исследование направлена на создание модели реагирования на инцидентыинформационной безопасности (далее – ИБ). Основная задача данной модели – снижение времени реагирования на инциденты ИБ и восстановление нормального функционирования информационно-коммуникационной инфраструктуры (далее – ИКИ) настолько быстро, насколько это возможно, с минимальным негативным воздействием на ИКИ, поддерживая наилучшие уровни доступности.

Ключевые слова: инцидент, информационная безопасность, уязвимости, угрозы.

Безопасное развитие любого общества, государства, человека напрямую связано с их информационной безопасностью, так как информационная среда является системообразующим фактором этого развития[1].

Уровень киберпреступности продолжает расти на территории Казахстана также, как во всем мире. Это подчеркивает важность и серьезность убытков, связанных с компьютерными инцидентами.

Киберпреступники используют самые различные виды атак, позволяющие им проникнуть в корпоративную сеть, перехватить управление ею или подавить информационный обмен в сетях.Среднее по миру время обнаружения проникновений в ИКИ, по оценкамархитектора решений информационной безопасности компании HPE Евгением Афониным, составляет сегодня 243 дня. При этом каждую секунду компания средних размеров регистрирует примерно 8-12 тыс. ИБ-событий. Для адекватного реагирования на характеризующиеся такими показателями изменения ландшафта киберугроз нужно автоматизировать и централизовать сбор, корреляцию, анализИБ-событий и уменьшить время обнаружения и реагирования на инциденты[2].

При разработке процесса реагирования можно опираться на рекомендации по обработке инцидентов от Института NIST, согласно которым он включает 4 этапа[3]:

1. Подготовка. На этом этапе для каждого типа инцидента прорабатывается сценарий реагирования, детально прописывается последовательность действий.

2. Выявление и анализ инцидентов. Этот этап подразумевает мониторинг обращений об инцидентах из различных источников и их анализ.

3. Локализация, ликвидация и восстановление. На этом этапе проводятся действия, направленные на предотвращения дальнейшего распространения инцидента, устранение последствий от него.

4. Действия после инцидента. На этом этапе проводится расследование инцидента, которое помогает оценить пробелы в текущей стратегии безопасности и найти способы, как их исправить.

Модель реагирования на инциденты – это инструмент для обеспечения целостного и комплексного подхода в вопросе мониторинга и реагирования на инциденты.

Построение процесса реагирования на инциденты реализуется с помощью оптимального сочетания людей, процессов и информационных технологий. Модель реагирования на инцидентыразработана с учетом требований и принципов, изложенных в стандартахСТ РК ISO/IEC 27001-2015«Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасностью. Требования» и СТ РК ISO/IEC 27002-2015«Информационная технология.Методы и средства обеспечения безопасности.Свод правил по средствам управления защитой информации».

В процессреагированиязаложена «адаптивная логика», это означает, что существуют определенные конструкторы, с помощью которых, учитывая конкретные процессы в организации можно задать ряд правил, с помощью чего собирается информация об инцидентах по заданным критериям, настраиваются доступы к ней, а также автоматически назначаются ответственные лица по расследованию данного инцидента.

Группа реагирования на инциденты ИБ организуется на базе ИКИ организации и формируется автоматическая отчетность на всех стадиях реагирования и расследования инцидентов ИБ[4]:

– Формирование и вывод различного вида;
– Интеграция и получение данных из внешних источников;
– Сбор показателей эффективности системы защиты (метрик).

Одним из основных характеристик процесса реагирования на инциденты является – роли.Роли процесса состоят из следующих атрибутов:

1. Владелец процесса управление инцидентами

Владелец процесса имеет право:

– выставлять требования к входам своего процесса и ихпоказателям;

–проводить предупреждающие и корректирующие мероприятия для управленияпроцессом,атакжепланируемыемероприятиядляегоулучшения;

–запрашивать ресурсы для обеспечения процесса, проведения корректирующих/предупреждающих мероприятий, а также для мероприятий по улучшениюпроцесса;

– разрабатывать и вносить изменения в управляющую документацию процесса.

2. Администратор процесса

Обязанности Администратора процесса:

– структурирование и описание ролей в функциональной команде и среди участниковпроцесса.

– описание, внедрение и поддержка процедур операционногоуровня.

– обеспечение выполнения процедур процессаперсоналом.

– передача Владельцу процесса информации об эффективности на функциональном уровне, существенной для вышестоящегопроцесса.

3. Пользователь:

– предоставляет информацию о произошедшем событии иливопросе.

– информирует администратора о любых изменениях, связанных с произошедшим событием или вопросом (в том числе и в случаях восстановленияработоспособности).

– выполняет окончательное тестирование работоспособности актива, требуемое для закрытия Инцидента.

4. Специалист 1-й линииподдержки (специалист ИБ)

– принимает обращения отпользователей.
– регистрирует и классифицирует Обращенияпользователей.
– производит первичную диагностику для локализации точкисбоя.
– производит функциональные или иерархические эскалации, когда это необходимо.

5. Специалист 2-й линииподдержки

– данную роль выполняют администраторыИС.

– отвечает за функционирование центральной части информационнойсистемы (ИС), решение связанных с ней инцидентов в рамках её поддержки и выполнение необходимых технологическихопераций.

6. Специалист 3-й линииподдержки

– данную роль выполняют Проектировщики/Разработчики.

Таблица 1. **Процедура реагирования на инциденты [5]**

Начальная диагностика инцидента	
Выполняет, если	Обращение классифицировано как инцидент ИБ;
Вход(ы)	Инцидент [В обработке];
Описание	Специалист 1-й линии поддержки определяет способы решения инцидента, если данный вопрос находится в списке вопросов, решаемых им, и способ решения ему известен. Для решения вопросов Специалист 1-й линии поддержки должен использовать инструменты удалённого управления. При невозможности решить вопрос дистанционно Специалист 1-й линии поддержки, передаёт его соответствующему Специалисту. Если Обращение не может быть решено на первой линии, заявка назначается в соответствующую группу поддержки на вторую линию, т.е. производится функциональная эскалация.
Исполнитель	Специалист 1-й линии поддержки;
Выход(ы)	Инцидент [Эскалирован]; Инцидент [Диагностирован];
Завершено, если	Необходима эскалация инцидента ИБ, переход к действию Диагностика инцидента ИБ 2-й линией поддержки; ИЛИ Решение инцидента ИБ 1-й линией поддержки;
Диагностика инцидента ИТ 2-й линией поддержки	
Выполняет, если	Необходимаэскалацияинцидента ИБ;
Вход(ы)	Инцидент [Эскалирован];
Описание	Специалист 2-й линииподдержки должен приступить к обработке заявки. Специалист 2-й линии поддержки определяет причины появления инцидента. В случае, если Специалист 2-й линии поддержки не обладает достаточными знаниями и доступом для диагностики инцидента, он передает всю имеющуюся информацию по нему Специалисту 3-й линии поддержки для его диагностики и решения. Специалист 2-й линии поддержки должен связать инцидент с конфигурационной единицей.
Исполнитель	Специалист 2-й линии поддержки;
Выход(ы)	Инцидент Эскалирован]; Инцидент [Диагностирован]; Инцидент [Необходим запрос на Изменение];
Завершено, если	Инцидент ИБэскалирован на 3-ю линию поддержки, переходкдействиюДиагностикаинцидентаИТ 3-й линиейподдержки; ИЛИ Инцидент диагностирован второй линией поддержки, переход к действию Решение инцидента ИБ 2-й линиейподдержки; ИЛИ Необходимо выполнения запроса на изменение;
Диагностика инцидента ИТ 3-й линией поддержки	
Выполняет, если	Инцидент ИБэскалирован на 3-ю линию поддержки;
Вход(ы)	Инцидент [Эскалирован];

Описание	ДанноюфункциювыполняютролиПроектировщиков/ Разработчиков. При отсутствии известного решения производится исследование инцидента с целью ускоренного восстановления нормальной работы. Специалист 3-й линии поддержки выбирает наиболее подходящий способ решения инцидента из найденных и выполняет необходимые действия для обходного и/или постоянного решения. После завершения решения инцидента заявкаавтоматически поступает 1-ю линию поддержки для дальнейшего закрытияОбращения.
Исполнитель	Специалист 3-й линии поддержки;
Выход(ы)	Инцидент [Диагностирован]; Инцидент [Необходим запрос на изменение];
Завершено, если	Необходимо выполнения запроса на изменение, переход к действию на процесс выше; ИЛИ Инцидент ИБ продиагностирован, переход к действию Решение инцидента 3-й линией поддержки;

В таблице 1 показан процесс реагирования на инцидентыс использованием оптимального сочетания людей и информационных технологий.

Заключение. Создание цепочки по реагированию необходимо для поддержания должного уровня управления организацией во время обработки инцидента. Состав группы по обработке и реагированию и способ оповещения разрабатывается с учётом особенностей функционирования и структуры организации.

Данная модель структуры реагирования хорошо подходит в качестве базовых принципов структуры оповещения. В основе разработки модели ролевой принцип, суть которого заключается в вовлечении нужных людей в нужное время. Лица, входящие в состав команды оповещения, должны пройти соответствующую подготовку и осознавать свою роль в процессе обработки инцидента.

Данная модель реагирования на инциденты является универсальной и дает возможность быстрого реагирования на инциденты и решения проблем.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Информационная безопасность // Информационно-аналитический бюллетень. -М., 1998., стр 45

[2] Steve Morgan, Cybercriminal activity is one of the biggest challenges that humanity will face in the next two decades / 2019 Official AnnualCybercrime Report: Herjavec Group – 2019.

[3] Paul Cichonski, Tom Millar,TimGrance Karen / Computer Security Incident Handling Guide / NIST Special Publication 800-61

[4] СТ РК ISO/IEC 27001-2015 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Системы менеджмента информационной безопасностью. Требования»

[5] СТ РК ISO/IEC 27002-2015 «Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод правил по средствам управления защитой информации».

Муханова А.А., Идрисова И.А., Исмаилова А.А., Маханов М.

Ақпараттық қауіпсіздік инциденттеріне жауап беру моделі

Түйіндеме: Ақпараттық технологияларды дамыту мен таратудың қарқынды дамуы, статистикалық ақпаратты жинау және қалыптастыру бойынша барлық жұмыстарды толық автоматтандыру, шектеулі үлестірім деректері бар ірі дерекқорларды енгізу ақпараттық қауіпсіздіктің интеграцияланған жүйесін құруды қажет етеді. Зерттеу мақсаты ақпараттық қауіпсіздік инциденттеріне әрекет ету моделін жасауға бағытталған. Бұл модельдің негізгі мақсаты ақпараттық қауіпсіздік инциденттеріне әрекет ету уақытын қысқарту және ақпараттық-коммуникациялық инфрақұрылымның қалыпты жұмысын мүмкіндігінше тез қалпына келтіру, ақпараттық-коммуникациялық инфрақұрылымға минималды теріс әсер ете отырып, қол жетімділіктің ең жақсы деңгейлерін сақтау.

Түйін сөздер:оқыс оқиға, ақпараттық қауіпсіздік, осалдықтар, қауіптер.

УДК

Yu. V. Nuzhnov[1], **D.B. Yembergenova**[2]
([1] Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
[2] Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
e-mail: nuzhnov@mail.ru)

ABOUT THE PROSPECTS OF STATISTICAL MODELING OF TURBULENT FLOWS

Abstract. The problems and prospects of statistical modeling of energy containing structure of developed turbulent flows are shown. It is shown that the method of RANS can not provide high quality of such models due to unconditional averaging of Navier-Stokes equations. Also, it is shown that high quality of mathematical models can be achived using the method of autonomous statistical modeling of turbulence ASMTurb, distinctive feature of which is conditional averaging of Navier-Stokes equations over a turbulent and non-turbulent fluid of a turbulent flow.

Key words: hydrodynamic intermittency, a turbulent and non-turbulent fluid, RANS method.

Ю.В. Нужнов, Д.Б. Ембергенова
(КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан
e-mail: nuzhnov@mail.ru)

О ПЕРСПЕКТИВАХ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ

Аннотация. Вскрываются проблемы и выявляются перспективы статистического моделирования энергосодержащей структуры развитых турбулентных течений. При этом показано, что метод *RANS* не может обеспечить высокое качество математических моделей таких течений ввиду безусловного усреднения уравнения Навье-Стокса. Показано также, что высокое качество математических моделей может быть достигнуто с помощью метода автономного статистического моделирования турбулентности *ASMTurb*, отличительной особенностью которого является условное усреднение уравнений Навье-Стокса по турбулентной и нетурбулентной жидкости турбулентного течения.

Ключевые слова: гидродинамическая перемежаемость, турбулентная и нетурбулентная жидкость, метод *RANS.*

Введение

Разработка эффективной физико-математической модели, которая обеспечит высокую точность и скорость расчета усредненных гидродинамических величин развитого турбулентного течения, по прежнему является ключевым вопросом статистической гидродинамики. Для решения этого вопроса прежде всего требуется определить тип наиболеепригодных для математического моделированиястатистических характеристик. В классическом методе *RANS* такими характеристиками являются безусловные статистические моменты («средние» и «пульсационные» значения гидродинамических величин); в методе автономного статистичесокго моделирования турбулентных течений *ASMTurb* [1], который учитывает эффекты гидродинамической перемежаемости [2], ими являются условные статистические моменты для каждой из перемежающихся сред с турбулентной и нетурбулентной жидкости турбулентного течения [3,4,5,6].

В настоящее время метод *RANS* продолжает интенсивно использоваться для математического моделирования всевозможных процессов турбулентности (например, процессов в случае турбулентного горения). Такое «устойчивое» внимание к методу *RANS* объясняется высокой скоростью прогнозированияструктуры турбулентного течения по сравнению с методами *DNS* и *LES*, т.е. высокой скоростью расчета гидродинамических характеристик рассматриваемого турбулентного течения. В то жее время практика показала, что построить математическую модель высокого качества за более чем вековую историю использования метода *RANS* так и не удалось.

Цель данной статьи – вскрыть проблемы метода *RANS* и определить перспективы повышения качества статистического моделирования развитых турбулентных течений. Для этого нам надо дать ответы на следующие вопросы: *по какой причине метод RANS* не позволяет строить физико-математические модели высокого качества*; какие из статистических характеристик* турбулентного течения являются наиболее пригодными для моделирования; *какой подход в статистическом моделировании* процессов турбулентности представляется наиболее эффективным?

Решение поставленных нами вопросов начнем с обсуждения проблем и особенностей статистического моделирвоания турбулентных течений, точнее крупномасштабной (энергосодержащей) структуры развитых турбулентных течений с поперечным сдвигом.

Проблемы и особенности статистического моделирования турбулентных течений.

Проблемы метода *RANS* хорошо известны, – построенные по этому методу математические модели не в состоянии обеспечить высокую скорость расчета всего комплекса средних и пульсационных характеристик турбулентных течений. В особенности это относится к всевозможным корелляциям пульсационных гидродинамических величин.

В то же время недавно разработанный метод автономного статистического моделирования турбулентных течений *ASMTurb*, особенностью которого является учет эффектов перемежаемости, показал, что построенные по этому методу модели дают «удивительно» хорошее совпадение расчетов с известными опытными данными, [3-6].

Чтобы вскрыть проблемы метода *RANS* и выъявить особенности статистического моделирования турбулентных течений, рассмотрим возможные варианты *статистического усреднения* дифференциальных уравнений Навье-Стокса. Уравнение Навье-Стокса в случае течения несжимаемой жидкости и отсутствия внешних сил могут быть записаны в виде

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u_i}{\partial t} + \dfrac{\partial}{\partial x_k}\left(u_i u_k + \dfrac{p\delta_{ik}}{\rho} - \sigma_{ik} \right) = 0, \quad i = 1,2,3; \\ \dfrac{\partial u_k}{\partial x_k} = 0 \end{cases} \tag{1}$$

с суммированием по $k = 1,2,3;$ при фиксированных значениях $i = 1,2,3;$ здесь тензор вязких напряжений $\sigma_{ik} = \nu(\partial u_i / \partial x_k + \partial u_k / \partial x_i)$.

Согласно [3-6], безусловное статистическое усреднение уравнений (1) дает уравнения *RANS* в виде

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_R}{\partial t} + \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_R \langle u_k \rangle_R}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle u'_{iR} u'_{kR} \rangle_R}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle (p\delta_{ik} - \sigma_{ik})/\rho \rangle_R}{\partial x_k} \\ \dfrac{\partial \langle u_k \rangle_R}{\partial x_k} = 0 \end{cases} \tag{2}$$

где $\langle u_i \rangle_R$ – безусловные средние компонеты вектора скорости, $\langle u_i \rangle_R \equiv \langle u_{iR} \rangle_R$, $u'_{iR} = u_{iR} - \langle u_i \rangle_R$;

В то же время условное статистическое усреднение уравнений (1) для каждой из перемежающихся сред турбулентного течения дает уравнения ASMTurb, а именно: для течения турбулентной жидкости в виде

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_t}{\partial t} + \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_t \langle u_k \rangle_t}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle u'_{it} u'_{kt} \rangle_t}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle (p_t \delta_{ik} - \delta_{t_{ik}})/\rho \rangle_t}{\partial x_k} = 0 \\ \dfrac{\partial \langle u_k \rangle_t}{\partial x_k} = 0, \end{cases} \tag{3}$$

где $\langle u_i \rangle_t -$ условные средние компоненты вектора скорости внутри турбулентной среду, $\langle u_i \rangle_t \equiv \langle u_{it} \rangle$; $u'_{it} = u_{it} - \langle u_i \rangle_t$; для течения нетурбулентной жидкости в виде

$$\begin{cases} \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_n}{\partial t} + \dfrac{\partial \langle u_i \rangle_n \langle u_k \rangle_n}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle u'_{in} u'_{kn} \rangle_n}{\partial x_k} + \dfrac{\partial \langle (p_n \delta_{ik} - \sigma_{n_{ik}})/\rho \rangle_n}{\partial x_k} = 0 \\ \dfrac{\partial \langle u_k \rangle_n}{\partial x_k} = 0 \end{cases} \tag{4}$$

где $\langle u_i \rangle_n -$ условные средние компоненты вектора скорости внутри нетурбулентной среды, причем $\langle u_i \rangle_n \equiv \langle u_{in} \rangle_n$, $u'_{in} = u_{in} - \langle u_i \rangle_n$.

Поскольку каждая из систем (3)-(4) является статистичеки независимой, то это позволяет моделировать условные средние каждой из перемежающихся сред с турбулентной и нетурбулентной жидкостью автономно, то есть независимо друг от друга. Такая независимость определяется тем, что одноточечные корреляции гидродинамических величин турбулентной и нетурбулентной жидкости отсутствуют, например $\langle u'_{it}u'_{kn}\rangle_t = 0$. Важно подчеркнуть, что автономность каждой из систем уравнений (3)-(4) позволяет принять свои собственные гипотезы замыкания для корреляций $\langle u'_{it}u'_{kt}\rangle_t$ и $\langle u'_{in}u'_{kn}\rangle_n$.

После решения уравнений (3)-(4) и определения условных средних $\langle u_i\rangle_t$ и $\langle u_i\rangle_n$ появляется возможность найти полные средние по формуле

$$\langle u_i\rangle = \gamma\langle u_i\rangle_t + (1-\gamma)\langle u_i\rangle_n \qquad (5)$$

которые эквивалентны безусловным средним, т. е. $\cong \langle u_i\rangle_R$. Для этого, однако, надо знать распределение значений коэффициента внешней перемежаемости турбулентной жидкости γ.

Как видим, уравнения *RANS* и *ASMTurb*, т.е. дифференциальные уравнения (2), а также (3) и (4), совпадают по своему виду. Это не удивительно, так как гидродинамические величины в методах *RANS* и *ASMTurb* являются характеристиками течения сплошной среды и представляют собой плотные и непрерывные множества с точки зрения теории вероятностей А.Н. Колмогорова; математически строгий вывод уравнений (2)-(4) подробно описан в [4], где для гидродинамические величины $f = f(x,t)$ приводится доказательство выражения

$$\langle\frac{\partial f}{\partial x}\rangle_r = \frac{\partial\langle f\rangle_r}{\partial x},\ \ r = t,n,R \qquad (6)$$

Здесь же уместно заметить, что в методе *ASMTurb* процесс порождения турбулентной и «исчезновения» нетурбулентной жидкости происходит только в тонком «суперслое», который разделяет эти жидкости. Именно поэтому уравнения (3) и (4) не содержат «источников». Подтверждением низкой эффективности физико-математических моделей *RANS* являются представленные в [**Ошибка! Закладка не определена.-Ошибка! Закладка не определена.**] расчеты.

Из вышесказанного следует, что уравнения RANS были выведены верно, однако «двойная структура» турбулентного течения, экспериментально обнаруженная в работе [7], была потеряна в результате безусловного усреднения уравнений Навье–Стокса. Иначе говоря, проблемы в методе статистического моделирования *RANS* связаны с отсутствием эффектов перемежаемости, так что задать различные гипотезы замыкания в каждой из перемежающихся сред невозможно.

Что касается проблем в статистическом моделировании турбулентных течений, который учитывает эффекты перемежаемости, то здесь надо сказать следущее.

Построение физико-математических моделей по методу *ASMTurb* сводится к определенным последовательным этапам, а именно: построить физико-математическую модель для условных статистических характеристик течения турбулентной жидкости; построить физико-математическую модель для расчёта коэффициента перемежаемости; выполнить расчёт полных статистических характеристик, которые связаны с условными статистическими характеристиками через посредство коэффициента перемежаемости алгебраическими соотношениями.

Убедительным подтверждением высокой эффективности физико-математических моделей *ASMTurb* (по сравнению с моделями *RANS*) являются расчёты [3-4. При этом выясняется, что основные трудности в построении моделей *ASMTurb* связаны с моделированием коэффициента перемежаемости, входящем в выражения для полного статистического среднего (5).

В то же время во многих практически важных задачах моделирование полных средних турбулентного течения не требуется.

Перспективы статистического моделирования по методу ASMTurb

Как известно, все процессы турбулентности происходят только в турбулентной жидкости турбулентного течения. В то же время одним из преимуществ метода *ASMTurb* является возможность строить физико-математические модели только для турбулентной жидкости. Это обстоятельство позволяет значительно упростить статистическое моделирование таких сложных процессов как, например, турбулентное смешение и турбулентное диффузионное горение, [**Ошибка! Закладка не определена.**, 8, 9].

К примеру, математическая модель для описания турбулентного турбулентного смешения двух спутных потоков одинаковой несжимаемой жидкости содержит систему уравнений только для условных средних турбулентной жидкости. Такая модель подробно описана в [3-4]; на уровне вторых центральных моментов она имеет вид:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\langle u_i\rangle_t}{\partial t}+\dfrac{\partial\langle u_i\rangle_t\langle u_k\rangle_t}{\partial x_k}+\dfrac{\partial\langle u'_{it}u'_{kt}\rangle_t}{\partial x_k}+\dfrac{\partial\langle(p_t\delta_{ik}-\sigma_{t_{ik}})/\rho\rangle_t}{\partial x_k}=0 \\ \dfrac{\partial\langle u_k\rangle_t}{\partial x_k}=0 \\ \dfrac{\partial\langle E_t\rangle_t}{\partial t}+\langle u_k\rangle_t\dfrac{\partial\langle E_t\rangle_t}{\partial x_k}+\dfrac{\partial\langle(E_t+p'_t/\rho)v'_t\rangle_t}{\partial x_k}+\langle u'_{it}u'_{kt}\rangle_t\dfrac{\partial\langle u_i\rangle_t}{\partial x_k}+\langle\varepsilon_t\rangle_t=0 \end{cases} \quad (7)$$

Процедура решения системы уравнений **Ошибка! Источник ссылки не найден.**, записанной в приближении свободного пограничного слоя для автомодельной области течения, подробно представлена в [**Ошибка! Закладка не определена.-Ошибка! Закладка не определена.**]. При этом после привлечения известных (и относительно «простых») гипотез замыкания градиентного типа, расчетные профили условных средних продольной скорости $\langle u\rangle_t$ и турбулентной энергии $\langle E_t\rangle_t$ практически полностью совпали с имеющимися в литературе экспериментальными данными.

Важно также заметить, что данная математическая модель *ASMTurb* турбулентного автомодельного течения в зоне смешения спутных потоков позволяет рассчитать как условные (для течений турбулентной и нетурбулентной жидкости), так и полные статистические средние характеристик такого течения на уровне вторых центральных моментов. Причем данная модель содержит всего два полуэмпирических параметра, что достигается путем введения суперслоя между турбулентной и нетурбулентной жидкостью.

Заключение

Результаты проведенного нами исследования позволяют дать ответы на поставленные нами вопросы. Выясняется следущее.

Метод *RANS не в состоянии обеспечить построение* физико-математических моделей высокого качества, поскольку безусловное усреднение уравнений Навье-Стокса приводит к потере эффектов перемежаемости и, как следствие, к потере точности в расчётах статистических характеристик турбулентного течения. Другими словами, структура течений турбулентной и нетурбулентной жидкости в конкретно взятом «*турбулентном*» течении принципиально различается. Это обстоятельство не позволяет задать для моделей *RANS* различные гипотезы замыкания, хотя необходимость в таком задании очевидна ввиду указанного различия структур. Становится понятным, что поиск «хороших» гипотез замыкания для моделей *RANS* в принципе не может дать хороших результатов. Это подтверждают и представленные нами расчёты безусловных статистических средних *RANS*.

Значимость метода *RANS* для построения математических моделей гидродинамических процессов турбулентности трудно переоценить, – его плодотворное использование осуществлялось на протяжении многих и многих лет в различных областях науки и техники. Однако настоятельная необходимость в повышении качества таких моделей вынуждает искать новые пути в статистическом моделировании турбулентных течений.

Как выясняется, учет явления перемежаемости в статистическом моделировании турбулентных течений открывает перспективы для построения более глубоких, более точных и эффективных (в плане минимальных затрат на время проведения расчётов статистических характеристик) физико-математических моделей таких течений. Таким методом, является метод *ASMTurb*.

Одной из характерных особенностей метода *ASMTurb* является то, что статистическое усреднение мгновенных дифференциальных уравнений гидродинамики выполняется с помощью формального использования условных *PDF*. Полученные при этом уравнения позволяют моделировать условные статистические средние характеристик каждой из перемежающихся сред с турбулентной и нетурбулентной жидкостью конкретно рассматриваемого турбулентного течения. Принципиальной особенностью метода *ASMTurb* является возможность моделировать течение турбулентной и нетурбулентной жидкости независимо друг от друга, в то время как для моделирования полных средних используется простые алгебраические соотношения теории статистической гидродинамики,

то есть здесь привлечение дифференциальных уравнений для средних не требуется. При этом возможность строить математические модели только для течения турбулентной жидкости без привлечения моделирования условных средних нетурбулентной жидкости – одно из основных преимуществ метода *ASMTurb*. Поскольку все основные процессы турбулентного смешения происходят именно в турбулентной жидкости, то такойподход сильно упрощает процесс статистического моделирования.

Примечательно, что метод построения математических моделей *ASMTurb* на самом деле представляет собой применение метода *RANS* к каждой из перемежающихся сред турбулентного течения в отдельности. Это связано с тем, что уравнения для безусловных средних в методе *RANS* формально совпадают с уравнениями для условных средних каждой из перемежающихся сред с турбулентной и нетурбулентной жидкостью в методе *ASMTurb*. Однако возможность задавать различные граничные условия и, что надо особо подчеркнуть, различные гипотезы замыкания для каждой из перемежающихся сред турбулентного течения в отдельности делает метод *ASMTurb* принципиально новым и высокоэффективным.

Итак, возможность строить математические модели только для течения турбулентной жидкости без привлечения моделирования условных средних нетурбулентной жидкости открывает новые перспективы статистического моделирования таких сложных процессов как, например, турбулентное смешение различных жидкостей (газов) и турбулентное диффузионное горение [**Ошибка! Закладка не определена.**].

ЛИТЕРАТУРА

[1] Нужнов Ю.В., Метод автономного статистического моделирования турбулентных течений / Ю.В. Нужнов; опубл. 21.10.2013, Бюл. № 1392. - 6 с.

[2] Таунсенд А.А., Структура турбулентного потока с поперечным сдвигом. - М.: Изд-во иностр. лит., 1959. - 399 с.

[3] Нужнов Ю.В., Статистическое моделирование перемежаемых турбулентных течений Қазақ университеті, Алматы, 2015.

[4] Nuzhnov Yu.V., Statistical Modeling for the Energy-Containing Structure of Turbulent Flows/ Ed. by K. Volkov., Turbulence Modeling Approaches - Current State, Development Prospects, Applications. Published by inTech, 2017, Chapter 4, pp.99-122.

[5] Nuzhnov, Yu. V., Conditional Averaging of the Navier-StokesEquations and a New Approach to Modeling Intermittent Turbulent Flows. *J. Fluid Dynamics* 32, 489-494 (1997).

[6] Nuzhnov Yu.V., The Method of Autonomous Statistical Modeling ASMTurb and its Testing on the Example of ClassicalTurbulent Flows// ASME Congress (IMECE).–Quebec, Montreal 2014. Volume 7: Fluids Engineering Systems and Technologies.

[7] Corrsin S., Investigation of flow in an axially symmetric heated jet of air // NASA W-94 Rep. 3123. - 1943.

[8] Nuzhnov Yu.V., Some problems of statistical modeling of intermittent turbulent flows and their solutions// ASME Congress (IMECE). – Texas, Houston 2015. Volume 7A: Fluids Engineering Systems and Technologies.

[9] Нужнов Ю.В., Метод автономного статистического моделирования диффузионного турбулентного горения *ASMTurbC* и некоторые результаты его тестирования// IX Международная научно-техническая конференция «Процессы горения, теплообмена и экология тепловых двигателей». - Самара, Россия: Вестник СГАУ. - 2015. - Том 14, №2. - С.137-150.

Нужнов Ю.В., Ембергенова Д.Б.

Турбулентті ағыстардың статистикалық модельдеу болашағы туралы

Түйіндеме. Осы зерттеуден алынған нәтижелер, жоғарыда қойылған сұрақтарға жауап беруге мүмкіндік береді.

Сонымен турбулентті емес сұйықтың шартты орталарын ескерместен, тек қана турбулентті сұйықтың ағысы үшін математикалық модель құру мүмкіндігі, статистикалық модельдеудің жаңа қырларын ашады, мысал ретінде, әр түрлі сұйықтардың турбулентті араласуы (газдардың), турбулентті диффузиялық жану сияқты күрделі процесстерді модельдеуге жол ашады.

Түйінді сөздер: гидродинамикалық кезектестік, турбулентті және турбулентті емес сұйық, RANS әдісі.

УДК 621.91.01

N. Smakova[1], K. Sherov[1], Yu. Smirnov[1], M. Mussaev[1], R. Gabdyssalyk[2]
([1]Karaganda Technical University, Karaganda, Kazakhstan
[2]East Kazakhstan Technical University named after D. Serikbayev, Ust-Kamenogorsk, Kazakhstan, e-mail: shkt1965@mail.ru)

EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROCESS OF ROTATING TURNING OF THE «ROD» PART OF A HYDRAULIC VIBRATION MODULE

Annotation. In this article, the task is to study the method of mechanical processing of the «rod» part of a hydraulic vibration module. The stem is the main part of hydraulic vibratory module, which takes cyclic loading depending on changes in physico-mechanical properties of the reservoir, sediment, soil and roof of layer. It was found that the highest requirements for manufacturing quality are presented for the outer cylindrical surface of Ø60h12 mm, the rod details.

For processing this surface, it is recommended to use the method of multi-blade rotary turning. As a result of experimental studies, it was found that the method allows blade processing to achieve the required quality of the treated surface R_a=0,63 mcm, while eliminating the need for abrasive processing. A discussion of the results and conclusions is presented.

Keyword. Hydraulic vibration module, rod, multi-blade rotary turning, roughness, hardness.

Н.С. Смакова[1], К.Т. Шеров[1], Ю.М. Смирнов[1], М.М. Мусаев[1], Р. Габдысалык[2]
([1]Карагандинский технический университет, Караганда, Казахстан
[2]Восточно-Казахстанский технический университет им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан e-mail: shkt1965@mail.ru)

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШТОК» ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВИБРАЦИОННОГО МОДУЛЯ

Аннотация. В данной статье поставлена задача исследования способа механической обработки детали «шток» гидравлического вибрационного модуля. Шток является основной деталью гидравлического вибрационного модуля, который принимает циклическую нагрузку в зависимости от изменения физико-механических свойств продуктивного пласта, осадочных отложений, почвы и кровли пласта.

Выявлено, что наиболее высокие требования по качеству изготовления предъявлены для наружной цилиндрической поверхности Ø60h12 *мм*, детали шток. Для обработки этой поверхности рекомендуется применение способа многолезвийного ротационного точения. В результате экспериментальных исследований установлено, что данный способ позволяет лезвийной обработкой достичь требуемого качества обработанной поверхности R_a=0,63 *мкм*, исключив при этом необходимость применения абразивной обработки. Приводится обсуждение полученных результатов и выводы.

Ключевые слова. Гидравлический вибрационный модуль, шток, многолезвийное ротационное точение, шероховатость, твердость.

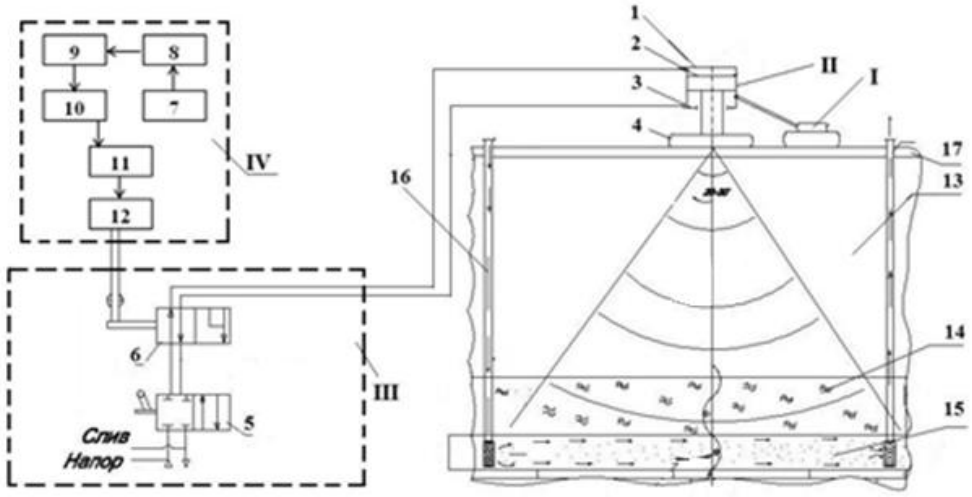
Введение. Авторами разработано устройство для выщелачивания полезных ископаемых [1]. Преимущественным отличием разработанного устройства является то, что в качестве источника низкочастотных колебаний используется гидравлический вибрационный модуль, включающий базовую машину, исполнительный элемент, электронно-гидравлический блок управления и электронный блок мониторинга технологического процесса. При этом электронный блок мониторинга технологического процесса получает сигналы от датчика расхода и концентрации металла, установленного на выходе из откачивающей скважины, преобразует их с помощью регистратора, дешифратора и корректора, передаёт их в электронно-гидравлический блок управления, где электронные сигналы преобразуются в гидравлические и передаются в исполнительный элемент.

Выполненные исследования по изучению существующих конструкций устройств, используемых для создания вибрационного воздействия при скважинном подземном выщелачивании металлов, показали, что от точности и качества работы деталей и узлов устройств зависит эффективность вибрационного воздействия на продуктивный пласт, а также производительность технологического процесса выщелачивания [2,3,4].

Также было выявлено, что в процессе производства работ меняются физико-механические свойства продуктивного пласта, осадочных отложений, почвы и кровли пласта, которые ведут за собой

несоответствие генерируемых виброисточником колебаний параметром объекта воздействия. Для приведения параметров виброисточника в соответствие требуется его переналадка, что приводит к остановке технологического процесса, снижению тем самым производительности и, соответственно, эффективности работ. Данное состояние вопроса ужесточает требования к конструкции устройств, в частности к жесткости и прочности, а также к точности и качеству работы деталей и узлов. Эти требования могут быт удовлетворены путем повышения качества изготовления деталей и узлов устройств вибрационного воздействия.

Предлагаемая схема устройства для выщелачивания полезных ископаемых приведена на рисунке 1.



I - базовая машина; II - силовой блок; III - электронно-гидравлический блок управления; IV - электронный блок мониторинга; 1 - силовой гидравлический цилиндр; 2,3 - гидравлические рабочие камеры прямого и обратного хода; 4 - вибрационная плита; 5,6 - гидравлические распределители; 7 - датчик расхода; 8 - регистратор; 9 - дешифратор; 10 – корректор; 11 - генератор импульсов; 12 - электронный усилитель сигналов; 13 - покровные осадочные отложения; 14 - водоупорная кровля продуктивного пласта; 15 - продуктивный пласт; 16 - нагнетающая скважина; 17 - откачивающая скважина

Рис. 1. Схема устройства для выщелачивания полезных ископаемых

На рисунке 2 показан эскиз из рабочего чертежа детали «шток» гидравлического вибрационного модуля.

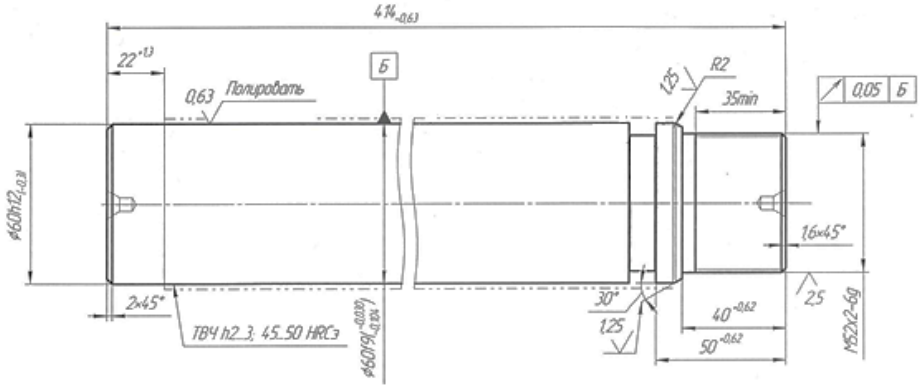


Рис. 2. Эскиз детали «шток» гидравлического вибрационного модуля

Шток является основной деталью гидравлического вибрационного модуля, который принимает циклическую нагрузку в зависимости от изменения физико-механических свойств продуктивного пласта, осадочных отложений, почвы и кровли пласта. Наиболее высокие требования по качеству изготовления предъявлены для наружной цилиндрической поверхности Ø60h12 *мм*, детали шток. По рабочему чертежу (см. рис. 2) необходимо обеспечение шероховатости данной поверхности R_a=0,63 *мкм* и определенный участок поверхности подвергнуть операции полирование, а также рекомендовано, с целью обеспечения твердости и износостойкости, поверхностное упрочнение током высокой частоты (*ТВЧ h2…3; 45…50 NRC*$_3$).

Традиционно технологический процесс механической обработки поверхности Ø60h12 *мм* содержит последовательное выполнение следующих операций: черновое и чистовое точение, черновое шлифование, поверхностное упрочнение ТВЧ, чистовое шлифование и полирование определенного участка.

Известно, что процесс шлифования характеризуется высокой теплонапряженностью в зоне резания, что может повлечь за собой изменение комплекса физико-механических свойств, достигнутого на стадии термического упрочнения [5,6,7]. Одним из вариантов борьбы с отрицательными явлениями при абразивном шлифовании является уменьшение припуска на обработку. Но операции поверхностной закалки и финишной обработки в технологическом процессе изготовления деталей машин являются разделенными, т.е. выполняются на различном технологическом оборудовании. Недостатком такого подхода является то, что припуск на финишную обработку должен быть достаточно большим, достигающим при определенных условиях заданной глубины упрочнения, поскольку необходимо предусмотреть не только остаточные деформации, неизменно появляющиеся после термообработки, но и погрешности установки. В результате чего наблюдается спад производительности и нерациональное использование энергии: первоначально на стадии термической операции необходимо упрочнить деталь на большую глубину, а затем на финишной механической операции удалить наиболее эффективный поверхностный слой [5, стр. 6]. Поскольку, отрицательное влияние тепловых процессов при абразивном шлифовании тем ярче выражено, чем больший припуск оставляется на финишную операцию, то наиболее простым и надежным средством снижения теплонапряженности процесса шлифования является уменьшение глубины резания за счет снижения в целом припуска на окончательную обработку. Для осуществления этого подхода необходимо повысить требования к точности предварительной механической обработки, а также к методу упрочнения поверхностного слоя (снижение температурных и деформационных поводок детали). Но даже соблюдение этих условий не позволяет уменьшить припуск на чистовую обработку до минимума, так как не исключается погрешность установки детали [5, стр. 7]. В работе [5] это было решено путем объединения операций финишной механической и поверхностной термической обработки на одном технологическом оборудовании.

В нашем случае решением данной проблемы является применение для обработки наружной цилиндрической поверхности Ø60h12 *мм*, детали шток способа многолезвийного ротационного точения [8,9,10,11,12,13].

Методика. Экспериментальные исследования были проведены в условиях лабораторной базы кафедры «Технологическое оборудование, машиностроение и стандартизация» Карагандинского государственного технического университета. Для обработки были подготовлены образцы заготовки из стали 30ХГСА. Многолезвийное ротационное точение образца заготовки проводилось на токарно-винторезном станке модели JET GH-1640ZX. Шероховатость и твердость обработанных поверхностей измерялись с помощью электронных приборов: портативный измеритель (профилометр) шероховатости TR 100 и малогабаритный динамический твердомер ТДМ-2.

На рисунке 3 показан токарно-винторезный станок модели JET GH-1640ZX.



Рис. 3. Токарно-винторезный станок модели JET GH-1640ZX

На рисунке 4 показана заготовка из стали 30ХГСА.



Рис. 4. Заготовка из стали 30ХГСА

Предлагаемая многолезвийная ротационная обработка осуществляется на токарных и фрезерных станках для обеспечения требуемого качества обработанной поверхности при обработке заготовок из вязких и упрочняющихся материалов при деформации, склонных к образованию нароста, а также при обработке сложнолегированных, жаростойких сплавов, титана и его сплавов.

Способ основан на трении качения между задней поверхностью режущего клина и обрабатываемой поверхностью, и не требует значительных усилий для взаимодействия, что всегда допустимо. При этом самовращение инструмента происходит в основном с помощью трения скольжения между передними поверхностями режущего клина и сбегающей стружкой. В чистовых операциях превалирует трение на задней поверхности режущего инструмента.

Способ позволяет лезвийной обработкой достичь требуемого качества обработанной поверхности, исключив при этом необходимость применения абразивной обработки. Это избавит от заряжения обработанной поверхности мелкими частицами абразивного инструмента, которые впоследствии вкрапляются в поверхность, что отрицательно сказывается на износостойкости обработанной детали в процессе эксплуатации её в узлах машин. Особенно важным является этот момент для подвижных соединений.

На рисунке 5 показан эскиз установки многолезвийного ротационного инструмента (МРИ) [14,15].

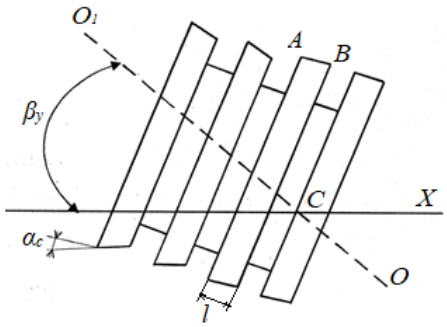


Рис. 5. Эскиз установки МРИ относительно оси заготовки

Величина заднего статического угла выбирается из расчета.

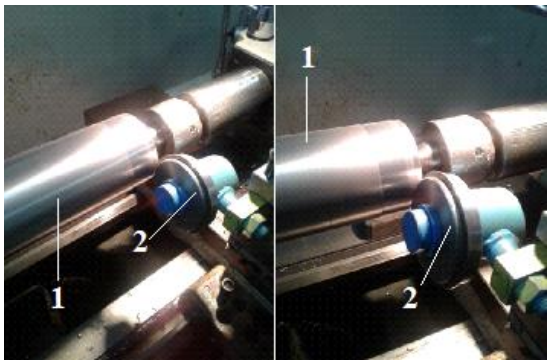
$$\alpha_c = |\alpha_к| + 2 \div 3^0 \qquad (1)$$

Значение кинематического заднего угла α_k рассчитывается согласно зависимости (1) и проставляется по модулю, также α_k фактически является отрицательной величиной.

При работе по такой схеме 1 и 2 лезвия являются режущими. При этом первое лезвие является черновым а второе получистовым. Третий поясок участком AB длиной l упрочняет обрабатываемую поверхность. Четвертое лезвие является чистовым режущим лезвием несмотря на то, что статический задний угол α_k у него выполнен равным нулю. Оно имеет положительный кинематический задний угол ($+\alpha_k$) ввиду того, что задняя поверхность находится ниже центра заготовки. Работа такого МРИ аналогично протяжке имеющей вращение вокруг своей оси и состоящей из чистовой и калибрующей частей.

Результаты. Экспериментальные исследования процесса многолезвийного ротационного точения стали 30ХГСА осуществлялись с использованием следующих режимов резания: частота вращения шпинделя – $n_{шп}$ = 125; 265; 415; 660; 870 об/мин; подача S = 0,06; 0,14; 0,23; 0,31; 0,39 мм/об; глубина резания t = 0,5÷1,5 мм; угол установки инструмента $\beta_y = 15^0$.

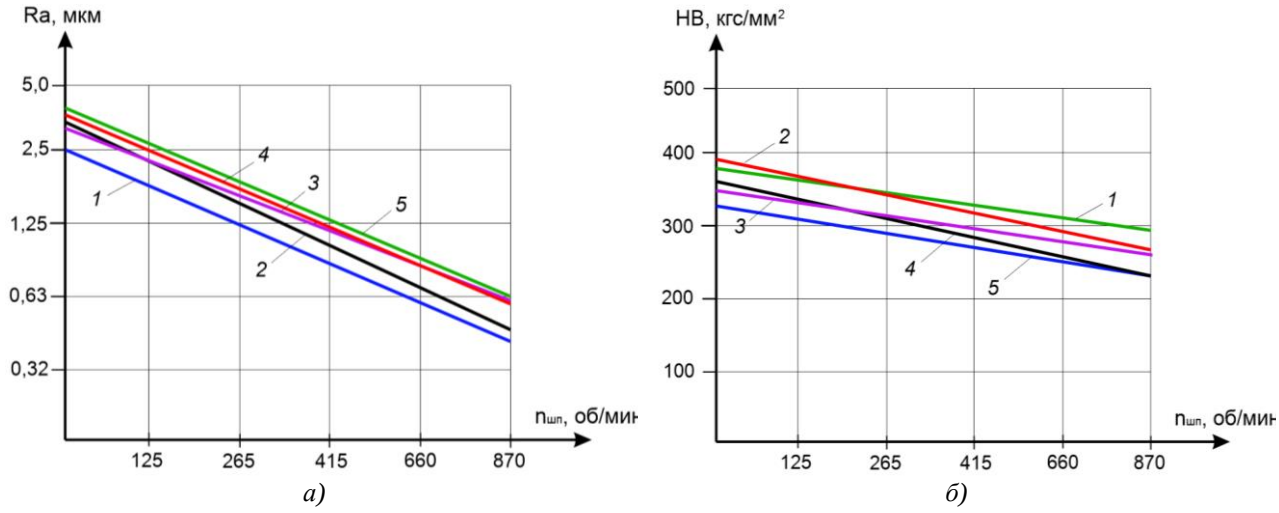
На рисунке 6 показан процесс многолезвийного ротационного точения стали 30ХГСА.



1 - заготовка из стали 30ХГСА; 2 – ротационный инструмент

Рис. 6. Процесс многолезвийного ротационного точения стали 30ХГСА

На рисунке 7 показаны графики зависимости показателей качества от режимов резания.



а – график зависимости шероховатости от скорости и подачи; *б* – график зависимости твердости от скорости и подачи;
1 - S = 0,06 мм/об; 2 - S =0,14 мм/об; 3 - S =0,23 мм/об; 4 - S =0,31 мм/об; 5 - S =0,39 мм/об; t = 0,75 мм; $\beta_y = 15^0$

Рис. 7. Графики зависимости показателей качества от режимов резания

Результаты экспериментальных исследований процесса многолезвийного ротационного точения стали 30ХГСА показали, что с увеличением скорости резания и уменьшением подачи все показатели качества обработанной поверхности улучшаются.

Однако чрезмерное уменьшение подачи отрицательно влияет на производительность обработки. Учитывая данный фактор в результате выполненных экспериментальных исследований были установлены оптимальные режимы резания: $n_{шп}$=870 об/мин; S = 0,23 мм/об; t = 0,75 мм; $\beta_y = 15^0$.

При обработке на этих режимах была достигнута шероховатость обработанной поверхности R_a = 0,63 мкм (см. рис. 7*а*, прямая 3), а также обеспечивается необходимая твердость обработанной поверхности НВ≤285 (см. рис. 7*б*, прямая 3).

Результаты экспериментальных исследований процесса многолезвийного ротационного точения показали, что оно обеспечивает высокое качество обработки и при этом повышает на порядок твердость и износостойкость обработанной поверхности.

А также данный способ позволяют совместить выполнение операции лезвийной обработки и поверхностную пластическую деформацию (ППД) одним инструментом. В этом случае имеются очевидные достоинства:

- упрочнению подвергается «свежеобразованная» поверхность, которая защищена от доступа активных составляющих атмосферы. Так как операция упрочнения неразрывна с операцией резания и окисные пленки не успевают образоваться;

- упрочнению подвергается материал, тепловое состояние, которого легко управляется в весьма широком диапазоне.

Обсуждение.

1. В результате экспериментальных исследований процесса многолезвийного ротационного точения стали 30ХГСА:

- установлены оптимальные режимы резания: $n_{шп}$=870 об/мин; S = 0,23 мм/об; t = 0,75 мм; $\beta_y = 15^0$;

- достигнута шероховатость обработанной поверхности R_a = 0,63 мкм, а также обеспечивается необходимая твердость обработанной поверхности НВ≤285.

2. Результаты экспериментальных исследований процесса многолезвийного ротационного точения показали, что оно обеспечивает высокое качество обработки и при этом повышает на порядок твердость и износостойкость обработанной поверхности.

3. Применение способа многолезвийного ротационного точения позволяет исключить из технологического процесса операции термической и абразивной обработки – чистовое шлифование.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Смирнов Ю.М., Кенжин Б.М., Ураимов М., Смакова Н.С., Журунова М.А. Устройство для выщелачивания полезных ископаемых / Патент №33806 РК на изобретение. 02.08.2019г. Бюл. №31.

[2] Смирнов Ю.М., Ураимов М., Смакова Н.С. Математическая модель гидравлических манипуляторов импульсных машин / Труды университета. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2019.- №1(74)- С.18-22.

[3] Aliev, S.B., Zakharov, V.N., Kenzhin, B.M.,Smirnov, Yu.M. Adaptive method of vibration and seismic effect on improving the efficiency of in-situ leaching of metals / Ugol (2019), No 2. pp. 76-80. http://dx.doi.org/10.18796/0041-5790-2019-2-76-80

[4] Смакова Н.С., Смирнов Ю.М., Шеров К.Т. Технологические особенности обработки основного исполнительного элемента гидроимпульсных систем // Труды международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №10), Часть 3. – Караганда: Изд-во КарГТУ, 2018. – С.247-248.

[5] Скиба В.Ю. Повышение эффективности технологического процесса обработки деталей машин при интеграции абразивного шлифования и поверхностной закалки ТВЧ: Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.03.01 / Новосиб. гос. техн. ун-т. – Новосибирск, 2008.- 21 с.

[6] Skeeba V., Ivancivsky V., Pushnin V. Numerical Modeling of Steel Surface Hardening in the Process of High Energy Heating by High Frequency Currents // Applied Mechanics and Materials. 2015. Vol. 698. P. 288-293. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.698.288

[7] Skeeba V.Yu, Pushnin V.N., Erohin I.A., Kornev D.Yu. Integration of production steps on a single equipment // Materials and Manufacturing Processes. 2015. (Article in Press). https://doi.org/10.1080/10426914.2014.973595

[8] Sherov, K.T., Sikhimbayev M.R., Donenbayev B.S., Sagitov A.A., Ainabekova S.S. Experimental Research of Rotational-and-Frictional Boring of Big Holes in Large Parts / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47, No. 4 (2017) pp.23-36. https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0018

[9] Sherov K.T., Sikhimbayev M.R., Mazdubay A.V., Musaev M.M. et al. The research of the temperature impact in tool - metal blank contact on the quality of the cut at thermo-frictional cutting / Mechanics and Mechanical Engineering, Lodz, Poland, Vol. 21, No. 3 (2017) pp.755–762. http://www.kdm.p.lodz.pl/mme-art.html

[10] Sherov, K.T., Sikhimbayev M.R., Sherov A.K., Donenbayev B.S., Rakishev A.K., Mazdubay A.V., Musaev M.M., **Abeuova A.M.** Matematical modeling of thermofrictional milling process using ANSYS WB software / Journal of Theoretical and Applied Mechanics, Sofia, Vol. 47, No. 2 (2017) pp. 24-33. https://doi.org/10.1515/jtam-2017-0008

[11] T.G. Nasad, K.T. Sherov, B.N. Absadykov, S.O. Tusupova, A.A. Sagitov, G.B Abdugaliyeva, A.E. Okimbayeva Formation management in parts processing regenerated by surfacing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2019. Vol. 3, N 435. P. 102-108. https://doi.org/10.32014/2019.2518-170x.74

[12] Khodzhibergenov, D.T, Ibragimova, Z.A., Khodzhibergenova, U.D., Abdukarimov, A., Sherov, K.T., Esirkepov, A. Software for Tool Design and Testing / Russian Engineering Research, Volume 39, Issue 9, 1 September 2019, Pages 772-775. https://doi.org/10.3103/S1068798X19090090

[13] K.T. Sherov, M.R. Sikhimbayev, T.G. Nasad, B.N. Absadykov, A.S. Izotova, A.E. Okimbayeva, I.S. Kuanov. The research of the steel cutting blade reliability for thermo-frictional processing // News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of geology and technical sciences. 2020. Volume 1, Number 439 (2020), P.122 – 130. https://doi.org/10.32014/2020.2518-170X.15

[14] Шеров К.Т., Кушназаров И.К., Мардонов Б.Т. Новый способ многолезвийной ротационной обработки / «Ізденіс-Поиск». Серия естественных и технических наук.-Алматы: МОН РК, 2002.- № 2.- С.251-256.

[15] Khodzhibergenov D.T., Esirkepov A., Sherov K.T. Rational milling of metals / Russian Engineering Research. Allerton Press, Inc. (2015). Vol. 35. No 1. pp. 43-45. ***https://doi.org/10.3103/s1068798x1501013x***

Смакова Н.С., Шеров К.Т., Смирнов Ю.М., Мусаев М.М., Габдысалык Р.

Гидравликалық діріл модулінің «соташық» тетігін көплезвиялы ротациялық жону процесін тәжірибелік зерттеу

Түйіндеме. Бұл мақалада гидравликалық діріл модулінің «соташық» тетігін өңдеу әдісін зерттеу міндеті қойылған. Соташық гидравликалық діріл модулінің негізгі бөлігі болып табылады, ол өнімді қабаттың, шөгінділердің, топырақ пен қабаттың физика-механикалық қасиеттерінің өзгеруіне байланысты циклдік жүктемені алады.

Сыртқы цилиндрлік беті Ø60h12 мм, соташық тетігі үшін өңдеу сапасына жоғары талаптар қойылғаны анықталды. Бұл бетті өңдеу үшін көп лезвиялы ротациялық жону әдісін қолдану ұсынылады. Эксперименттік зерттеулер нәтижесінде, көп лезвиялы ротациялық жону әдісінің, абразивті ажарлау әдісін қолданбай-ақ, өңделген беттің талап етілген R_a=0,63 *мкм* қажетті сапасына қол жеткізуге мүмкіндік беретіні анықталды. Сондай-ақ, мақалада алынған нәтижелер мен қорытындылар талқыланған.

Кілт сөздер. Гидравликалық діріл модулі, соташық, көп лезвиялы ротациялық жону, кедір-бұдырлық, қаттылық.

УДК 62.99.29

A.T. Kanayev, K.M.Baymirzayev, H.H.Valiev, A.Bugibaeva, K.Tokpayev
(Research institute of biotechnology problems, Zhetysu University, Taldykorgan, Kazakhstan.
E-mail: kuna.1993@mail.ru)

PREPARATION AND CONDUCT OF LARGE-SCALE LABORATORY EXPERIMENTS ON BIO-LEACHING OF BALANCE URANIUM-CONTAINING ORES

Abstract. Studies on the processing of uranium-containing oxidized ores of the Vostok RU-1 Deposit by heap leaching were carried out in a wide scope. The research package included the following stages: laboratory studies on static leaching of the material using theoretically and practically selected solvent; percolation leaching of ores in enlarged laboratory conditions with determination of parameters and indicators of the process; finding effective methods for processing of productive solutions; output of initial data based on the results of laboratory and integrated studies for the preparation of technological regulations for semi-industrial tests, design of a test site and evaluation of the economic efficiency of the process. To make recommendations on the use of bio-leaching in the technological cycle of extracting uranium from the off-balance ore of the Vostok Deposit, large-scale laboratory studies were conducted taking into account all the studied parameters of this process.

Keyword: leaching, ore, uranium, bacterium, biotechnology

Ә.Т. Қанаев, Қ.М. Баймырзаев, Х.Х. Валиев, А.У. Бугубаева, К.М. Токпаев
(Биотехнология мәселелері ғылыми-зерттеу институты, І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан)

ІРІ АУҚЫМДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТЕРДІ ДАЙЫНДАУ ЖӘНЕ ЖҮРГІЗУ ҮШІН ҚҰРАМЫНДА УРАН БАР БАЛАНСТЫҚ КЕНДЕРДІ БИОШАЙМАЛАУ

Аңдатпа. Восток РУ-1 кен орнының құрамында уран бар тотыққан кендерін үймелеп шаймалау әдісімен өңдеу бойынша зерттеулер кең көлемде жүргізілді. Зерттеу кешеніне келесі кезеңдер кірді: теориялық және іс жүзінде таңдалған еріткішті қолдана отырып, материалды статикалық шаймалау бойынша зертханалық зерттеулер; процестің параметрлері мен көрсеткіштерін анықтай отырып, үлкейтілген зертханалық жағдайларда кендерді перколяциялық шаймалау; өнімді ерітінділерді өңдеудің тиімді тәсілдерін іздестіру; жартылай өнеркәсіптік сынақтардың технологиялық регламентін жасау үшін ірілендірілген зерттеулердің нәтижелері бойынша бастапқы деректерді беру, тәжірибелік полигонды жобалау және процестің экономикалық тиімділігін бағалау.

Восток кен орнының баланстан тыс кенінен уран алудың технологиялық циклінде био шаймалауды пайдалану бойынша ұсыныстар жасау үшін осы процестің барлық зерттелген параметрлерін ескере отырып, ірілендірілген-зертханалық зерттеулер жүргізілді.

Түйін сөздер: шаймалау, кен, уран, бактерия, биотехнология

Кіріспе. Биотехнология саласындағы өте қарқынды әзірлемелерге қарамастан, уран өндеуші өнеркәсіптің негізгі проблемалары жаһандық урбанизация және табиғи ресурстарды ұтымсыз пайдалану себебінен одан әрі күрделене түседі [1]. Бұл зерттеулердің негізгі кемшілігі құрамында асыл металдар бар көп компонентті жүйелердегі құрылымдық және фазалық қайта құрулар бойынша жүйелі түрде жүргізілетін іргелі жұмыстардың болмауы болып табылады, осыған байланысты құрамы уранға жұпыны кендерді өңдеудің биохимиялық технологияларын әзірлеу өзекті болып қала береді [2, 3].

Күрделі кен нысандарын талдау кезінде минералды шикізатты кешенді пайдалану қажеттілігін ескере отырып, қызығушылық тудыратын компоненттердің үлкен тобын бір уақытта анықтау үшін рентгендік әдісті қолдану өте тиімді. Ауыр кен элементтерімен қатар, бұл кеннің технологиялық қасиеттеріне әсер ететін немесе қосымша өнімдер алу мүмкіндігіне байланысты оның құндылығын арттыратын жеңіл элементтер болуы мүмкін. Кейбір жағдайларда молибденнің ілеспе шығарылуы кен орындарының экономикалық сипаттамаларын жақсартуға ықпал етуі мүмкін [4, 6].

Рентгено – флуоресцентті талдау – заттың элементтік құрамын зерттеуге, яғни элементтік талдау алуға қолданылатын заманауи спектрокопиялық зерттеу әдісі болып табылдаы. Әдістің көмегімен берилийден (Be) бастап уранға (U) дейінгі элементтер талданады. Рентгено – флуоресцентті әдісі зерттелетін материалға рентген сәулесімен әсер еткен кездегі алынған спектрді талдауға негізделген. Яғни, рентгено – флуоресцентті әдіс үлкен сынақ массивтерін экспрессивті, жоғары дәлдікпен және салыстырмалы түрде арзан талдауға мүмкіндік береді [5, 7].

Жұмыстың мақсаты - рентгендік зерттеулердің нәтижелерін қолдана отырып, кендердің фазалық құрамын анықтау және «Восток» РУ-1 СГХК кен орнынан уран алудың технологиялық циклінде биошаймалау әдісін қолдану бойынша ұсыныстар әзірлеу.

Әдістері

Зерттеу нысаны ретінде «Восток» кен орнынан (Ақмола облысы) алынған құрамында уран бар тотыққан кен болды. Кеннің химиялық құрамы ICP-OES Perkin Elmer Optima 8000 атомдық эмиссиялық спектрометрінде анықталды. Кен сынамалары 300°С және 1500 Вт концентрацияланған тұз және азот қышқылдарын қолдана отырып, Milestone Ethoz EZ микротолқынды сынама дайындаушысында алдын-ала ыдыратық. Сұйық фазадағы алтын құрамын анықтау 6200 Shimadzu (Жапония) атомдық-абсорбциялық спектрофотометрімен жүзеге асырылды [8, 9]. Биогенді Fe^{3+} ерітіндісін өңдеу процесінде бірінші кезеңде инокулятор ретінде 8,0 г/л Fe^{2+} бар Сильверман–Люндгрен 9К [10,12] қоректік ортада өсірілген хемолитотрофты микроорганизм – *A.ferrooxidans* қолданылды. Үш валентті темірдің жұмысшы ерітіндісі ретінде бактериялардың тіршілік әрекеті үшін қолайлы Fe^{3+} 8,0 г/л концентрациясы пайдаланды [11]. Биогендік Fe^{3+} алу үшін 28±1,0°С температурада инокулят көлемі Сильверман мен Люндгреннің жаңа 9К қоректік ортасында 8,0 г/л Fe^{2+} 1: 10 қатынасында көлемі 1,0 л шыны ыдыстарда жүргізілді [13]. Ерітіндідегі қоймалжың компрессормен араластырылды. Зерттеу барысында пульпаның сұйық фазасының қышқылдылығы, ЭВ-74 РН-метрмен өлшенді. Бактериялық жасушалардың саны он есе өсіру әдісімен анықталды. Сұйық фазадағы Fe^{3+}- Fe^{2+} концентрациясы трилон-Б комплекс-метрикалық титрлеу әдісімен анықталды [14, 15].

Зерттеу нәтижелері мен талдаулар

Бұл жұмыста «Восток» РУ - 1 СГХК кен минералдарының кристалдық құрылымы мен химиялық құрамын зерттедік. РУ-1 СГХК кендері минералдарының химиялық құрамын зерттеу ол оның негізгі сипаттамасы болып табылады, өйткені минералдың көптеген қасиеттері негізінен оның құрамына байланысты. Алайда, олар химиялық құрамға ғана емес, сонымен бірге құраушы атомдардың немесе иондардың геометриялық орналасуына және оларды байланыстыратын электр күштерінің сипатына да байланысты. Осылайша, минералдарды түсіну үшін құрылымды да, химиялық құрамды да ескеру қажет. Көптеген минералдар - бұл екі немесе одан да көп элементтерден тұратын қосылыстар және олардың сандық химиялық талдау нәтижелерінен қайта есептелген формулалары олардың элементтерінің атомдық (At%) қатынастарын білдіреді.

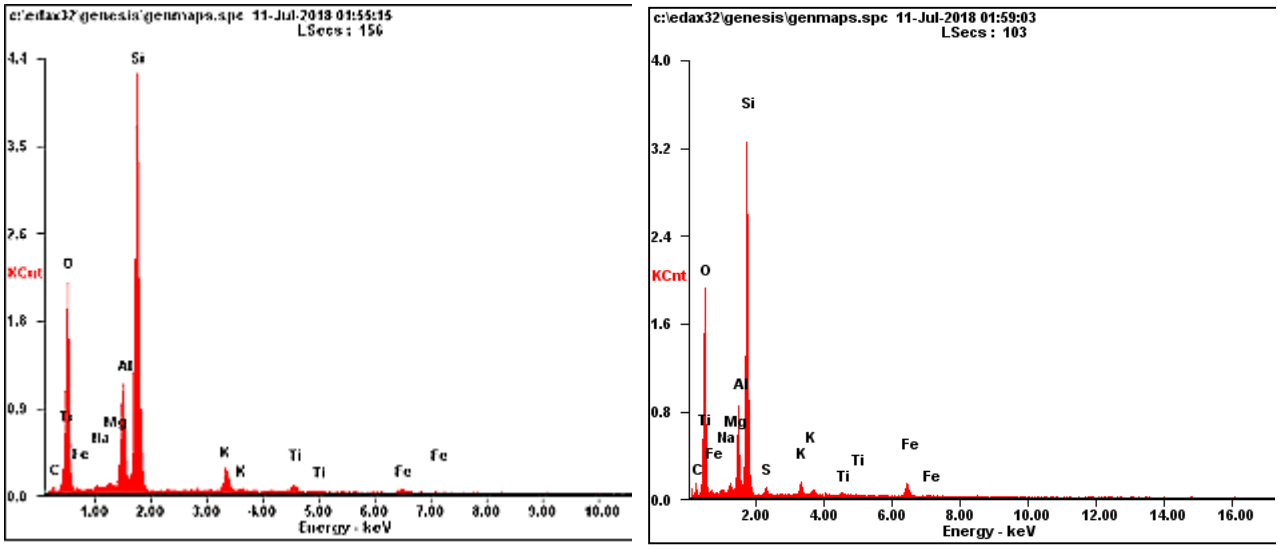
Кесте 1. **РУ-1 СГХК "Восток" кен орны рудасының химиялық құрамы**

Element	Wt%	At%
CK	6.67	11.35
OK	41.56	53.06
NaK	0.16	0.14
MgK	0.57	0.48
AlK	7.44	5.63
SiK	35.40	25.74
SK	0.33	0.21
KK	3.06	1.60
TiK	0.60	0.26
FeK	4.20	1.54
Matrix	Correction	ZAF

Ескерту: Wt % - салмақты талдау, At % - атомдық талдау

1-кестеде көрсетілгендей, сандық көрсеткіштер химиялық талдауда бізге минералдың атомдық формуласы толық ақпарат береді. Атап айтатын болсақ, тотыққан түріндегі минералдардың ең жоғарғы мөлшері 41,56% (ОК) құраса, SiK-ның пайыздық мөлшері 35,40%-ға тең. Орташа мөлшерді, 6,67% (СК), AlK (7,44%), FeK (4,20%), KK (3,06%) және төменгі көрсеткіш - NaK (0,16%), MgK (0,57), SK (0,33%),TiK (0,60) көрсетеді. Салмақты талдау бізге минералдардың немесе тотықтардың пайыздық мөлшерін береді. Сонымен бірге минерал құрылымында элементтердің (иондардың) қалай орналасқанын тікелей көрсетпей, қандай элементтер бар екендігі көрсетіледі. Алайда, 4- кестеде сандық салмақты талдау шамамен 100% құрайды. 100%-дан көп немесе аз ауытқулар аналитикалық әдіске тән кішігірім қателіктердің жинақталуы нәтижесінде пайда болады.

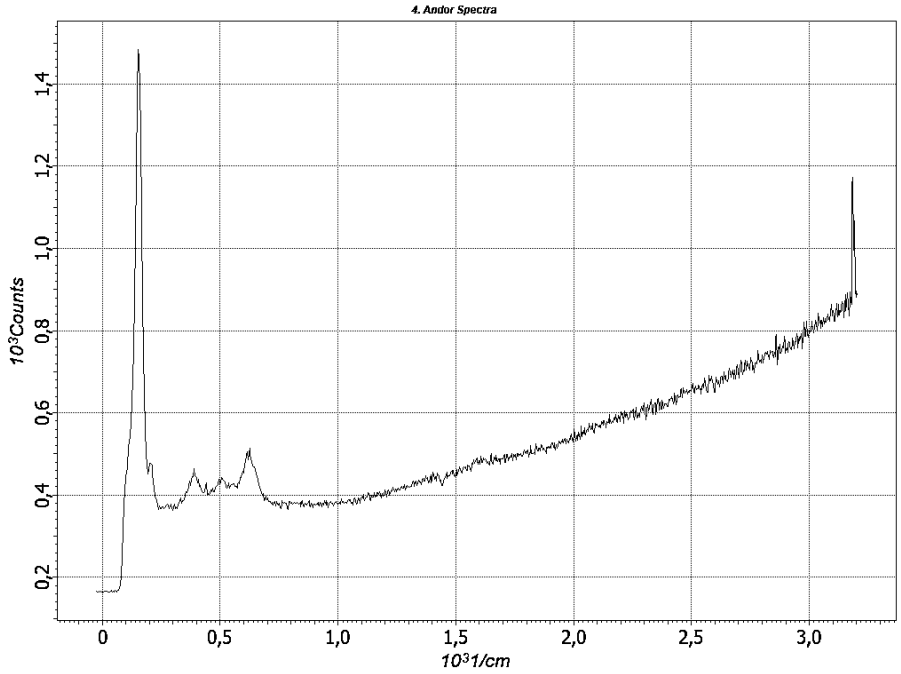
Сонымен қатар, РУ-1 СГХК "Восток" кен орнының құрамында уран бар кендерінің минералын рентгендік-фазалық талдау жасадық. Рентгендік құрылымдық талдау сәулелену объектісінің атомдарының электрондары шашыраған рентген сәулелерінің интерференциясы нәтижесінде пайда болатын дифракциялық көріністі алу және талдау негізінде жүргіздік. Рентгенофазды талдаудың негізгі міндеті - зерттелетін үлгі беретін дифракциялық көріністі талдау негізінде олардың қоспасындағы әртүрлі фазаларды анықтау. Рентген камералары мен дифрактометрлер дифракциялық суретті тіркеу әдісімен ерекшеленеді. Камераларда бұл сурет фотографиялық пленкаға, дифрактометрлерде – әртүрлі есептегіштердің (сцинтилляциялық, пропорционалды, жартылай өткізгіш) көмегімен бекітіледі.



1-сурет. РУ-1 СГХК "Восток" кен орнының құрамында уран бар кендерінің минералын рентгендік-фазалық талдау

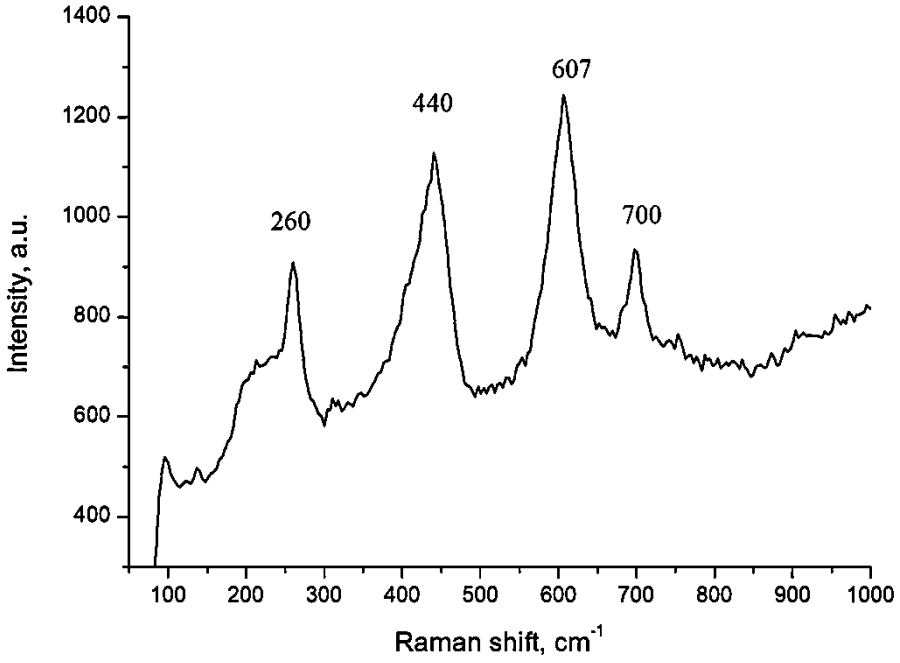
Рентгендік фазалық талдаудың артықшылықтары: әдістің жоғары сенімділігі мен экспрессивтілігі. Бұл әдіс тікелей, өйткені ол кез-келген стандарттармен немесе қасиеттердің өзгеруімен жанама салыстыруға негізделмейді, бірақ заттың кристалды құрылымын тікелей көрсетеді. Бұл әдіс көп мөлшерде затты қажет етпейді; талдауды үлгіні немесе бөлікті бұзбай жүргізуге болады; сонымен қатар, әдіс қоспадағы фазалардың санын бағалауға мүмкіндік береді. Дифрактограммаларды (өздігінен жазғышқа рентгенограмма) түсіру үшін ұнтақ құйылып, кварцты шыныдан жасалған арнайы кюветтің ойығына бекітілді. Әдістің сезімталдығын анықтайтын маңызды фактор - зерттелетін заттың кристалдарының мөлшері болып саналады.

Сондықтан ұнтақты ұнтақтаудың мұқияттылығына назар аударық, өйткені үлкен кристалдардан тұратын ұнтақ анық емес, сондықтан ол төменгі қарқынды рентгенографияны көрсетеді. Агат ерітіндісіндегі ұнтақты агат пестигімен (сынаманың ластануын болдырмау үшін) електен 10000 ОТП өткенге дейін ысқылап/см^2 (0063; 63 мкм) өткіздік. Кристалдардың оңтайлы мөлшері шамамен 5,0-10,0 мкм болып саналады. Үлгіні ысқылаған кезде полиморфты түрлендіру жүреді. Бұл құбылысты материалдардың тұрақтылығын зерттеуде қолдануға болады. Бірақ, егер кристалдардың мөлшері белгілі бір мөлшерден төмен болса (9 0,1 мкм-ден аз), онда кедергі сызықтары бұлыңғыр болуы мүмкін; ал фазаның аз мөлшерімен оның сызықтары фонға біріктірілуі мүмкін. Сондықтан фазалық талдау кезінде үлгінің бетін тікелей немесе ұнтақ әдісін қолдандық. Дифрактометрде алынған рентгенограмманың типтік түрі 1, 2-суреттерде көрсетілген.



2-сурет. РУ-1 СГХК "Восток" кен орнының құрамында уран бар кендерінің минералын рентгендік-фазалық көрсеткіші

Раман спектроскопиясы (комбинациялық шашырау спектроскопиясы) – бұл зерттелетін жүйелердің (молекулалардың) монохроматикалық жарықтың серпімді емес (Романовский немесе комбинациялық) шашырау қабілетіне негізделген спектроскопия түрі. Әдістің мәні-белгілі бір толқын ұзындығы бар сәуле зерттелетін заттың үлгісі арқылы өтеді, ол үлгімен байланыста шашыраңқы болады. Линзаның көмегімен алынған сәулелер бір байламға жиналып, әлсіз (0,001% қарқындылық) Раман сәулелерін неғұрлым қарқынды (99,999 %) рейлев сәулелерінен бөлетін жарық сүзгісі арқылы өтеді. "Таза" Раман сәулелері күшейтіліп, тербелістердің жиілігін белгілейтін детекторға жіберіледі (сурет 3).



3-сурет. РУ-1 СГХК "Восток" уран кен орны минералының
Раман спектроскопиясы (комбинациялық шашырау спектроскопиясы)

Бұл жағдайда біз өлшемдеріміздің нәтижелерін комбинациялық шашырау спектрлері ретінде графикалық түрде бейнелейміз. Осылайша, біз жарықтың әр энергиясы (жиілігі) үшін (X осі) шашыраңқы жарықтың қарқындылығын (Y осі) құрамыз. Жиілік дәстүрлі түрде толқын саны деп аталатын бірлікте өлшенеді (см, $см^{-1}$ толқындарының саны).

Біз жиілікті лазер осіне қатысты X осіне саламыз, өйткені бұл бізді қызықтыратын жарық энергиясының өзгеруіне қызығушылық тудырады.

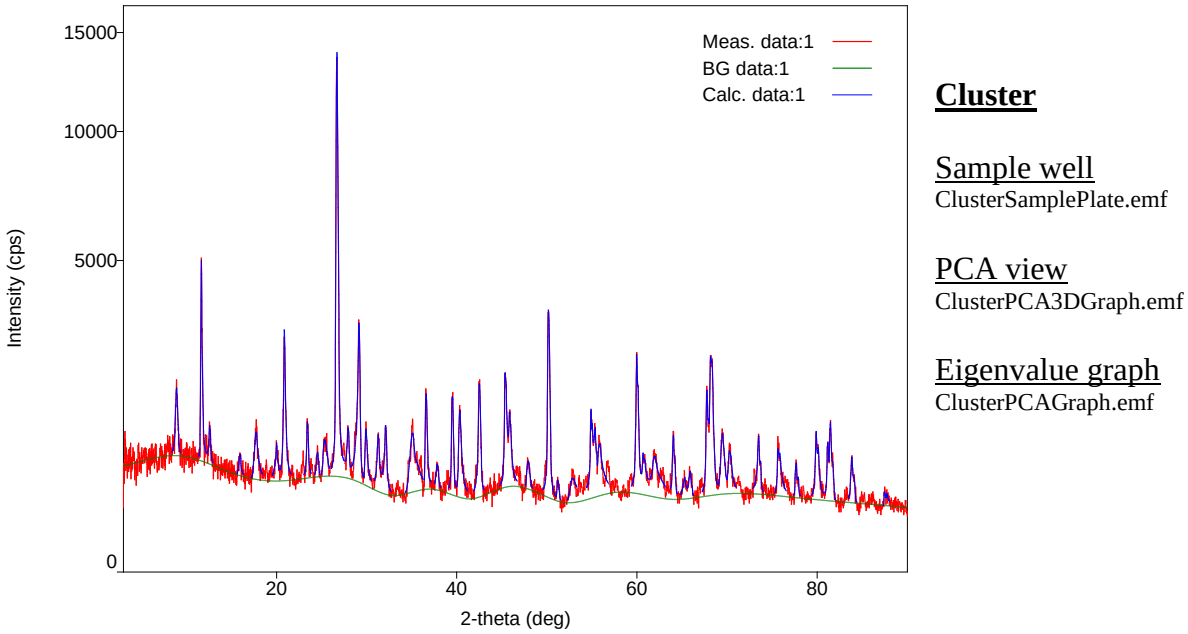
Есептеу. Раман спектроскопиясы - тербелмелі спектроскопия техникасының бір түрі, онда тербелмелі, айналмалы жиіліктер және жарықтың серпілмейтін шашырауына байланысты жүйенің төмен жиілікті режимдері бақыланады (Раман жылжуы).

Кесте 2. **Спектрлік толқын ұзындығын, толқындық сандарды және ығысу жиілігін комбинациялық шашырау спектріне түрлендіру**

Қозу толқынының ұзындығы*, (нм)	Раман толқын ұзындығы (нм)	Раман толқындық саны ($см^{-1}$)	Раман жиілігі (ГГц)	Раман энергиясы (мэВ)	Түрлендірілген өткізу дәрежесі $см^{-1}$	Өткізу жолағы (ГГц)	Өткізу жолағы (нм)
550	224	-26461,04	-322987,48	-3282,76	-26461,04	-322987,48	326,00
750	490	-7074,83	-138530,15	-877,70	-26461,04	-322987,48	326,00
800	620	-3629,03	-84291,93	-450,22	-26461,04	-322987,48	326,00
2100	1005	-5188,34	-74416,46	-643,67	-26461,04	-322987,48	326,00
1300	1133	-1133,82	29615,78	-140,66	-26461,04	-322987,48	326,00

Бұл тербелмелі жиіліктер молекулаларды анықтау үшін химиялық саусақ іздері ретінде қолданылады. Әдетте комбинациялық шашырау ығысулары кері ұзындық бірліктері ($см^{-1}$) бар толқын сандарында болады. Комбинациялық шашырау спектріндегі спектрлік толқын ұзындығын, толқындық сандарды және ығысу жиілігін түрлендіру үшін біз комбинациялық ығысулар мен өткізу жолақтарын есептеу үшін осы апплетті жасадық (кесте 2).

Зерттелетін уран кені үлгісінің минералды құрамы дала шпаты түрінде ұсынылған – құрамында тау жыныстарының сынықтары бар кварц құмдары түрінде кездеседі. Сондай-ақ, мусковит, ортоклаз слюдалық минералдары бар. Бұл элементтер минералдың құрамында өте көп.



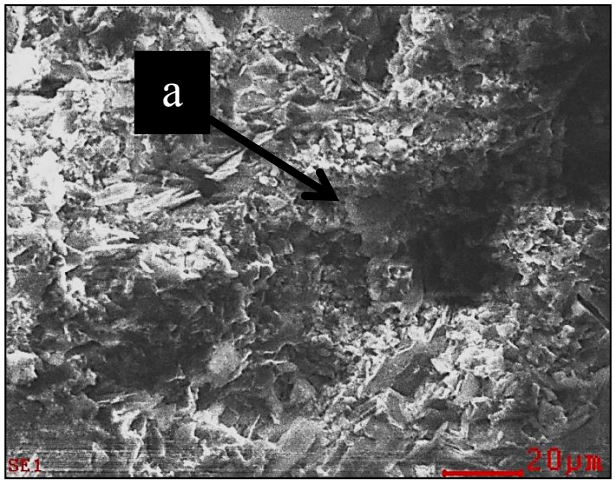
4-сурет. Уран кенінің зерттелетін үлгісінің салыстырмалы рентген-дифрактограммасы

Көріп отырғаныңыздай, рентгендік дифрактограмма емес (сурет 4) күкірт қышқылы ерітіндісімен шаймалаудан кейін уран кенінің зерттелетін үлгісі минералогиялық құрамы бойынша аз өзгерді.

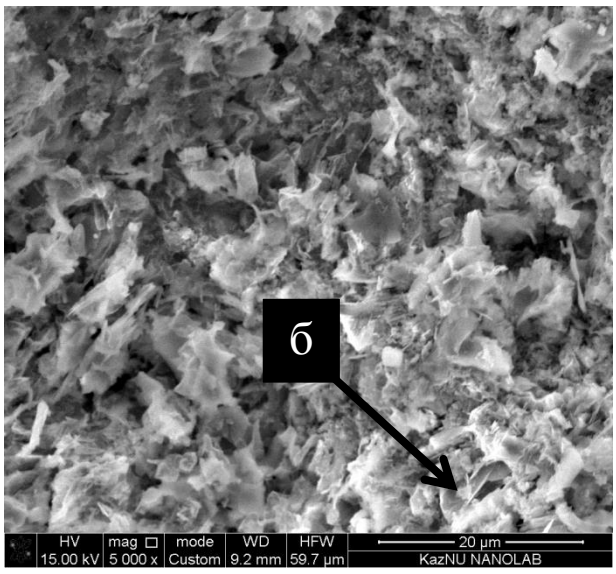
Сканерлеуші электронды микроскопта уран кенінің зерттелетін үлгісін қарастырдық. Электрондық микроскопия (ЭМ) қатты денелердің (минералдардың) микро құрылымын, фазалық және элементтік гетерогенділігін зерттеуде кеңінен қолданылады.

Біз растрлық және мөлдір электронды микроскопия әдістерін қолдана отырып, жер бетінің морфологиясын және құрамында уран бар кендерді күкірт қышқылымен шаймалаудан кейін сынамаларының ішкі құрылымын, кен минералдарынан құралған микрон мөлшерін зерттедік. "Восток" кен орнының құрамында уран бар кендерінде (Ақмола облысы) минералды микросферулалардың кең таралуы анықталды.

Кенді жыныстағы уранның таралу ерекшеліктерін анықтау үшін зерттелетін уран кені үлгісінің сканерлеуші электрондық микроскопиясы жүргізілді. Сканерлеуші электронды микроскопияны зерттеу ауқымы тек бастапқы үлгіні ғана қамтымады (сурет 5) уран кені, сонымен қатар кен (10-сурет) 2,5% күкірт қышқылының ерітіндісімен үйінді тәсілмен ұзақ уақыт шаймалаудан кейінгі көрінісі (сурет 6).



5-сурет. Бастапқы кенді сканерлейтін электрондық микроскоптың суреттері



6-сурет. 2,5% күкірт қышқылымен ұзақ уақыт шаймалаудан кейін сканерлейтін электронды кен микроскопының суреттері.

Уран кені үлгілерінің микрофотографиясында (сурет 5) А учаскесінде дәнешік бар минералдардың біріне енбеген түрі көрінеді. Өз кезегінде минералдар кеннің негізгі фазаларымен қоршалған: мусковит және ортоклаз.

Минералдардың қышқыл кешендерінде сирек кездесетін жер элементтерінің жинақталуы жоғары екендігі белгілі, бұл зерттеу нәтижелеріне сәйкес келеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] A.T. Kanaeev., K. Baymyrzayev., K. K. Valıev., S. K. Kokanov., A.U. Bugubayeva. Chemolithoautotrophic bacteria in conditions of bioleaching of metals from uranium-containing ores. 18th ınternational multidisciplinary scientific geoconference SGEM – 2018.

[2] Kolomiets D.N., Troshkina L.D., Sheremet'ev M.V., Konopleva L.V. Sorption of uranium from sulfuric acid leaching solutions by strongly basic anion exchangers. Russ. J. Appl. Chem. – 2016. – V. 78 (5). – P. 722–726.

[3] Булаев А.Г., Першина Е.В., Украинцев И.В. Состояние развития современных биогидрометаллургических технологий и перспективы их использования в России. Цветные металлы. – 2016. – № 10 (886). – С. 29–35.

[4] A. Kanayev., K. Baymyrzayev., Z. Kanayeva., K. Valiev., K. Tokpayev. Features of physıco-chemıcal and x-ray structure of uranıum-contaınıng ore heap leachıng field «Vostok». 19th International Multidisciplinary Scientific GeoConference and EXPO S G E M . - 2 0 1 9.

[5] Медетбекова А.Д., Ишекенова М.Б. Горно-металлургическая промышленность Республики Казахстан: итоги 2016 года и оперативные данные за 2017 год // АО «Рейтинговое Агентство РФЦА». www.rfcaratings.kz. (дата обращения: 28.07.2020 г.)

[6] A.T. Kanaeev., Baimyrzayev K.M., Kanayeva Z.K. Determınatıon of the acceptable temperature of the bıochemıcal leachıng process. ICSB 2 ND Interna-tional Conference „Smart Bio" – 2018.

[7] Булаев А.Г., Пименов Н.В. Биотехнологические методы очистки сточных вод цветной металлургии. Биотехнология. – 2015. – № 3. – С. 8–29.

[8] Petersen J. Heap leaching as a key technology for recovery of values from low-grade ores – A brief overview. Hydrometallurgy. – 2016. – V. 165. – P. 206–212.

[9]World Nuclear Association. Information library. https://elibrary.ru/item.asp?id=43252469. (дата обращения: 28.07.2020 г.)

[10] Norgate T., Haque N., Koltun P. The impact of uranium ore grade on the greenhouse gas footprint of nuclear power. Journal of Cleaner Production. – 2014. – V. 84. – P. 360–367.

[11] Юсупов Х.А., Алиев С.Б., Джакупов Д.А., Ельжанов Е.А. Применение бифторида аммония для химической обработки скважин при подземном выщелачивании урана // Горный журнал (Scopus).-М., 2017.- №4. – С. 57-60.

[12] Acid In Situ Leach Uranium Mining: 1 - USA and Australia Gavin M. Mudd https://web.archive.org/web/20090913063945/http://www.seaus.org.au/pdfs/tmw00/TMW00-Oz-USA.pdf. (дата обращения: 28.07.2020 г.)

[13] Валиев Х.Х., Жарлыгасов Ж.Б., Амандыкова А.Б., Бугубаева А.У. Аборигенная микробиота уранового месторождения «Восток». ISSN 2218-5194, «Известия» ТулГУ. - 2018. – № 3. - стр. 18-27.

[14] Канаев А.Т., Токпаев К.М., Диппель Т.А. Применение железоокисляющих бактерий при выщелачивании урана с месторождения шантобе. XVII Всероссийская с международным участием школа – семинар по структурной макрокинетике для молодых ученых имени академика А.Г. Мержанова Сборник научных материалов – 2019. - С 121-122:

[15] Huang J., Li M., Zhang X., Huang C., Wu X. Extraction of uranium from tailings by sulfuric acid leaching with oxidants. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2017. – V. 69. – 012050.

Канаев А.Т., Баймырзаев К.М., Валиев Х.Х., Бугубаева А.У., Токпаев К.М.

Подготовка и проведение масштабных лабораторных экспериментов и биохимия сбалансированных руд, содержащих урановые масла

Резюме. Широко проводились исследования по переработке ураносодержащих окисленных руд месторождения Восток РУ-1 методом кучного выщелачивания. Объектом исследования являлась ураносодержащая окисленная руда, полученная от месторождения» Восток " (Акмолинская область). Химический состав руды определен в атомном эмиссионном спектрометре ICP-OES Perkin Elmer Optima 8000.

Ключевые слова: выщелачивание, руда, уран, бактерия, биотехнология

УДК 539.3.539.374

G.K. Tugelbayeva
(Institute of Mechanics and Engineering named after U.A. Djoldasbekov, Almaty, Kazakhstan,
Military Institute of Land Forces of the Ministry of Defense Almaty, Kazakhstan
E-mail: Gk0430@mail.ru)

TENSED-DEFORMING CONDITION OF ELASTIC LAYER WITH CAVITY ON RIGID BASE

Abstract. One of the aboveground and underground construction modern problems is record problems and pressure acting on bases. This is acute problem in the design and construction of large industrial buildings and military facilities that are under of statistical and dynamic strain. Movements during fluctuation and other impacts of large constructions and their bases, dynamic forces and stresses arising in them can cause deformation and damage, and lead to incorrect precipitation and foundation rolls.

As is known from practical life, shocks and vibrations in earthquakes can significantly affect the strength of the soil and foundation, therefore the construction lose stability and collapse.

In this regard, the base mechanical state study, the base parameters changes regularity detection allows qualitatively and quantify the effects of external forces in construction.

Our work aim is studying the waves spreading in the elastic layer with a cavity on a rigid base under the dynamic stress from the day surface.

This problem is solved by mechanical-mathematical modeling with application of the S.C. Godunov method of "discontinuity disintegration". This method application is effective for hyperbolic type quasi-linear systems equations numerical integration and gas dynamics wide range problems solution, as well as for other sections of continuous environment mechanics. This scheme presents a visual physical interpretation corresponding to the selection of a differential grid with averaged values of physical quantities. As a result of the interaction of two adjacent cells with different states, mass, pulse and energy flow through the common boundary of the cells. These flows quantities can be calculated by calculation the corresponding tasks of discontinuity disintegration.

K**ey words:** Layer, elasticity, cavity, stress, wave, tensed-deforming condition, dynamics.

Г.К. Тугельбаева
(Институт механики и машиноведения имени академика У.А.Джолдасбекова
Алматы, Республика Казахстан
Военный институт Сухопутных войск МО РК, Алматы, Республика Казахстан
E-mail: Gk0430@mail.ru)

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО СЛОЯ С ПОЛОСТЬЮ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ

Аннотация. Одной из современных проблем строительство наземных и подземных сооружений является, проблемы учета и изменения нагрузок действующих на основания. Особенно остро это проблема стоит при проектировании и строительстве крупных промышленных зданий и военных объектов, строительные конструкции которых подвергаются ряду статистических и динамических нагрузок. Движения при колебаниях и других воздействиях крупных сооружений и их основании, возникающие в них динамические силы и напряжения могут вызвать деформации и повреждения, приводить к неправильным осадкам и кренам фундамента.

Как известно из практической жизни, удары и колебания при землетрясениях могут существенно повлиять на прочность грунта и фундамента, тем самым сооружения теряют устойчивость и обрушиваются.

В связи с этим изучения механического состояния основания, выявления закономерности изменения параметров основания, позволят качественно и количественно оценивать влияния внешних сил при строительстве.

Целью нашей работы являются изучения распространения волн в упругом слое с полостью на жестком основании, при воздействии динамической нагрузки со стороны дневной поверхности.

Поставленная задача решается путем механико-математического моделирования с применением метода «распада разрыва» С.К.Годунова [1,2]. Применение этого метода эффективно для численного интегрирования квазилинейных систем уравнений гиперболического типа и для решения широкого круга задач газовой динамики, а также для других разделов механики сплошной среды. Эта схема допускает наглядную физическую интерпретацию, соответствующей выбором разностной сетки с усредненными значениями физических величин. В результате взаимодействия двух соседних ячеек с различными состояниями происходит «перетекания» массы, импульса и энергии через общую границу ячеек. Потоки этих величин могут быть вычислены посредством расчета соответствующих задач о распаде разрыва.

Ключевые слова: слой, упругость, полость, нагрузка, волна, напряженно-деформируемое состояние, динамика.

На упругий слой с полостью действует динамическая нагрузка при начальных и граничных условиях [3,4,5]:

$$u = \upsilon = \sigma_x = \sigma_y = \tau = 0; \quad \begin{cases} 0 \ge x \\ 0 \ge y \end{cases} \quad при \quad t = 0; \quad \begin{cases} \upsilon = tBe^{-At} \\ u = 0; \end{cases} \quad \text{при} \quad \begin{cases} n_{11} \le x \le n_{22}; \\ y = 0; \\ t \ge 0, \end{cases}$$

где $A, B = const$; υ, u – соответственно составляющие смещения частиц среды по оси x и y.

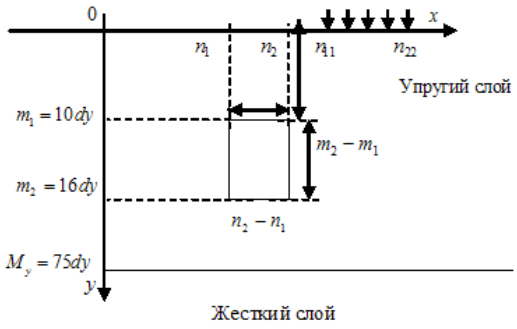


Рис. 1. Модель упругого слоя с полостью на жестком основании

Уравнения движения частиц упругого слоя:

$$\begin{cases} \rho \dfrac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \dfrac{\partial \sigma_{xx}}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial y}; \\ \rho \dfrac{\partial^2 \upsilon}{\partial t^2} = \dfrac{\partial \sigma_{yy}}{\partial y} + \dfrac{\partial \tau_{xy}}{\partial x}, \end{cases} \tag{1}$$

где ρ - плотность упругого слоя; σ_{xx}, σ_{yy} τ_{xy} - соответственно составляющие напряжения.

Поведение упругого слоя описывается уравнениями закона Гука [6,7]:

$$\begin{cases} \sigma_{xx} = \rho\left[a^2 \dfrac{\partial u}{\partial x} + \left(a^2 - 2b^2\right)\dfrac{\partial \upsilon}{\partial y} \right]; \\ \sigma_{yy} = \rho\left[\left(a^2 - 2b^2\right)\dfrac{\partial u}{\partial x} + a^2 \dfrac{\partial \upsilon}{\partial y} \right]; \\ \tau_{xy} = \rho b^2 \left(\dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{\partial \upsilon}{\partial x} \right), \end{cases} \tag{2}$$

где a,b - соответственно продольные и поперечные скорости звука в упругом слое.

Полная система дифференциальных уравнений для упругой среды в безразмерном виде [8,9,10]:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial u}{\partial t} = \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \dfrac{\partial \tau}{\partial y}; \\ \dfrac{\partial \upsilon}{\partial t} = \dfrac{\partial \tau}{\partial x} + \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial y}; \\ \dfrac{\partial \sigma_x}{\partial t} = \dfrac{\partial u}{\partial x} + \left(1 - \dfrac{2}{\gamma^2}\right)\dfrac{\partial \upsilon}{\partial y}; \\ \dfrac{\partial \sigma_y}{\partial t} = \left(1 - \dfrac{2}{\gamma^2}\right)\dfrac{\partial u}{\partial x} + \dfrac{\partial \upsilon}{\partial y}; \\ \dfrac{\partial \tau}{\partial t} = \dfrac{1}{\gamma^2}\dfrac{\partial u}{\partial y} + \dfrac{1}{\gamma^2}\dfrac{\partial \upsilon}{\partial x}. \end{cases} \tag{3}$$

Систему дифференциальных уравнений (3) используя шаблон (рисунок 2) запишем в конечно-разностном виде. Для чего рассматриваемую среду разбиваем на элементарные ячейки с центральными точками n,m используя метод «распада разрыва» С.К.Годунова. Предположим, что в момент времени t_0 все величины известны в центрах всех ячеек, тогда используя метод «распада разрыва» можем определить значения в граничных точках между ячейками n_1,n_2,m_1,m_2 (рисунок 2) [11,12].

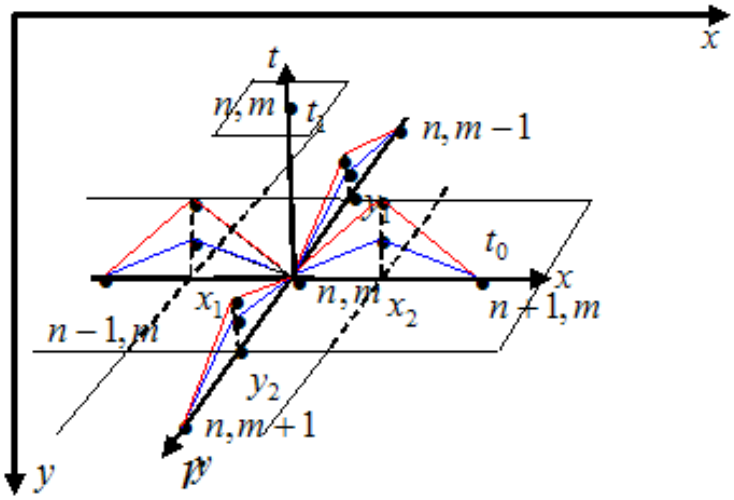


Рис. 2. Шаблон элементарной ячейки

Заменив производные их разностными отношениями согласно шаблону на рисунке 2, запишем систему дифференциальных уравнений (3) в конечно-разностном виде [13,14]:

$$\begin{cases} \dfrac{u^{n,m}-u_{n,m}}{\Delta t}=\dfrac{\sigma_{xxn2}-\sigma_{xxn1}}{\Delta x}-\dfrac{\tau_{m2}-\tau_{m1}}{\Delta y}; \\ \dfrac{\upsilon^{n,m}-\upsilon_{n,m}}{\Delta t}=\dfrac{\tau_{n2}-\tau_{n1}}{\Delta x}+\dfrac{\sigma_{yym2}-\sigma_{yym1}}{\Delta y}; \\ \dfrac{\sigma_x{}^{n,m}-\sigma_{x,n,m}}{\Delta t}=\dfrac{u_{n2}-u_{n1}}{\Delta x}+\left(1-\dfrac{2}{\gamma^2}\right)\dfrac{\upsilon_{m2}-\upsilon_{m1}}{\Delta y}; \\ \dfrac{\sigma_y{}^{n,m}-\sigma_{y,n,m}}{\Delta t}=\left(1-\dfrac{2}{\gamma^2}\right)\dfrac{u_{n2}-u_{n1}}{\Delta x}+\dfrac{\upsilon_{m2}-\upsilon_{m1}}{\Delta y}; \\ \dfrac{\tau^{n,m}-\tau_{n,m}}{\Delta t}=\dfrac{1}{\gamma^2}\dfrac{u_{m2}-u_{m1}}{\Delta y}+\dfrac{1}{\gamma^2}\dfrac{\upsilon_{n2}-\upsilon_{n1}}{\Delta x}. \end{cases} \quad (4)$$

Расчет ведется последовательными шагами по времени. Если отдельный расчет одного шага вычисляются по определенным величинам напряжений в момент времени t_0, то последующие значения можно определять в момент времени $t=t_0+\Delta t$, являющиеся постоянными в каждой ячейке. Значения величин $u,\upsilon,\sigma_x,\sigma_y,\tau$ в момент времени $t=t_0+\Delta t$ обозначим посредством верхних индексов $u^{n,m}$; $\upsilon^{n,m}$; $\sigma^{n,m}$; $\tau^{n,m}$, а соответствующие величины в момент времени $t=t_0$ обозначим $u_{n,m}$; $\upsilon_{n,m}$; $\sigma_{n,m}$; $\tau_{n,m}$ [15].

$$
\left\{
\begin{array}{l}
\sigma_{xn1} = \frac{1}{2}\left(u_{n,m} - u_{n-1,m} + \sigma_{xn,m} + \sigma_{xn-1,m}\right); \\
u_{n1} = \frac{1}{2}\left(u_{n,m} + u_{n-1,m} + \sigma_{xn,m} - \sigma_{xn-1,m}\right); \\
\upsilon_{n1} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} - \tau_{n-1,m}\right)\right); \\
\tau_{n1} = \frac{1}{2\gamma}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} + \tau_{n-1,m}\right)\right)
\end{array}
\right\} \text{(a)}
\qquad
\left\{
\begin{array}{l}
u_{n2} = \frac{1}{2}\left(u_{n+1,m} + u_{n,m} + \sigma_{xn+1,m} - \sigma_{xn,m}\right); \\
\sigma_{xn2} = \frac{1}{2}\left(u_{n+1,m} - u_{n,m} + \sigma_{xn+1,m} + \sigma_{xn,m}\right); \\
\upsilon_{n2} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{n+1,m} + \upsilon_{n,m} + \gamma\left(\tau_{n+1,m} - \tau_{n,m}\right)\right); \\
\tau_{n2} = \frac{1}{2\gamma}\left(\upsilon_{n+1,m} + \upsilon_{n,m} + \gamma\left(\tau_{n+1,m} + \tau_{n1,m}\right)\right)
\end{array}
\right\} \text{(b)}
$$

$$
\left\{
\begin{array}{l}
\upsilon_{m1} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{n,m-1} + \upsilon_{n,m} + \sigma_{xn,m} - \sigma_{xn,m-1}\right); \\
\sigma_{ym1} = \frac{1}{2}\left(u_{n,m} - u_{n-1,m} + \sigma_{xn,m} + \sigma_{xn-1,m}\right); \\
\upsilon_{n1} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} - \tau_{n-1,m}\right)\right); \\
\tau_{n1} = \frac{1}{2\gamma}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} + \tau_{n-1,m}\right)\right)
\end{array}
\right\} \text{(d)}
\qquad
\left\{
\begin{array}{l}
u_{n1} = \frac{1}{2}\left(u_{n,m} + u_{n-1,m} + \sigma_{xn,m} - \sigma_{xn-1,m}\right); \\
\sigma_{xn1} = \frac{1}{2}\left(u_{n,m} - u_{n-1,m} + \sigma_{xn,m} + \sigma_{xn-1,m}\right); \\
\upsilon_{n1} = \frac{1}{2}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} - \tau_{n-1,m}\right)\right); \\
\tau_{n1} = \frac{1}{2\gamma}\left(\upsilon_{n,m} + \upsilon_{n-1,m} + \gamma\left(\tau_{n,m} + \tau_{n-1,m}\right)\right)
\end{array}
\right\} \text{(c)}
\qquad (5)
$$

Ниже приведены некоторые результаты решений системы уравнений (4) в виде графиков при входных данных $\Delta x = dx = 0.005$; $\Delta y = dy = 0.005$; $n_1 = 198dx$; $n_2 = 202dx$; $n_{11} = 250dx$; $n_{22} = 254dx$; $M_y = 75dy$; $\gamma = a/b \succ 1$; $a = 6100\frac{\text{ì}}{\text{ñåê}}$; $b = 3630\frac{\text{м}}{\text{сек}}$; $\gamma = 1.6804407$; $\rho = 7600\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$; $\upsilon = kdtB\exp\left(-Akdt\right)$, $A = 133.93335$; $B = 0.1193379$; $t = kdt$; $dt = 0{,}0024888$; $k = 1{,}2{,}3....$

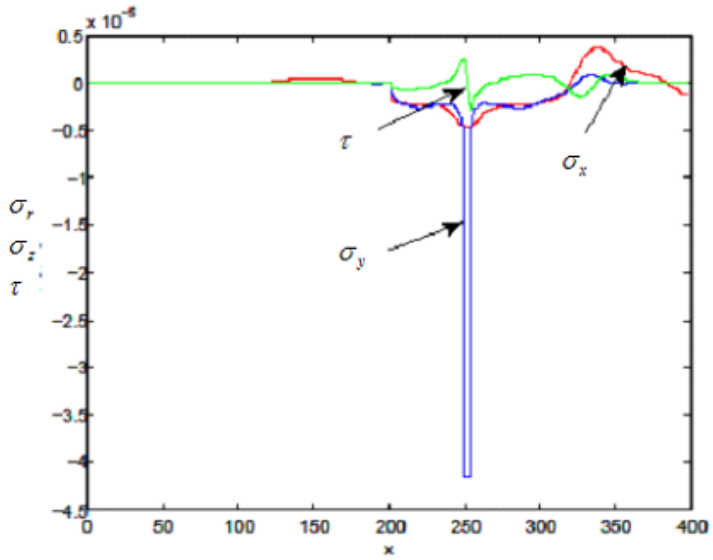


Рис. 3. Нормальные и касательные напряжения в зависимости от координат и времени при $x = 1dx - 400dx$, $y = 5dy$, $t = 295dt$

На рисунке показаны изменения значения величин напряжений упругого слоя над полостью по оси x. На интервале действии внешней нагрузки $x = 250dx - 254dx$ амплитуда нормального напряжения σ_y резко возрастает, что означает удар производится на свободной поверхности не над полостью. Так как волна распространяется на упругом слое значений нормального напряжения σ_x и касательного напряжения τ на данном участке имеют небольшие амплитуды.

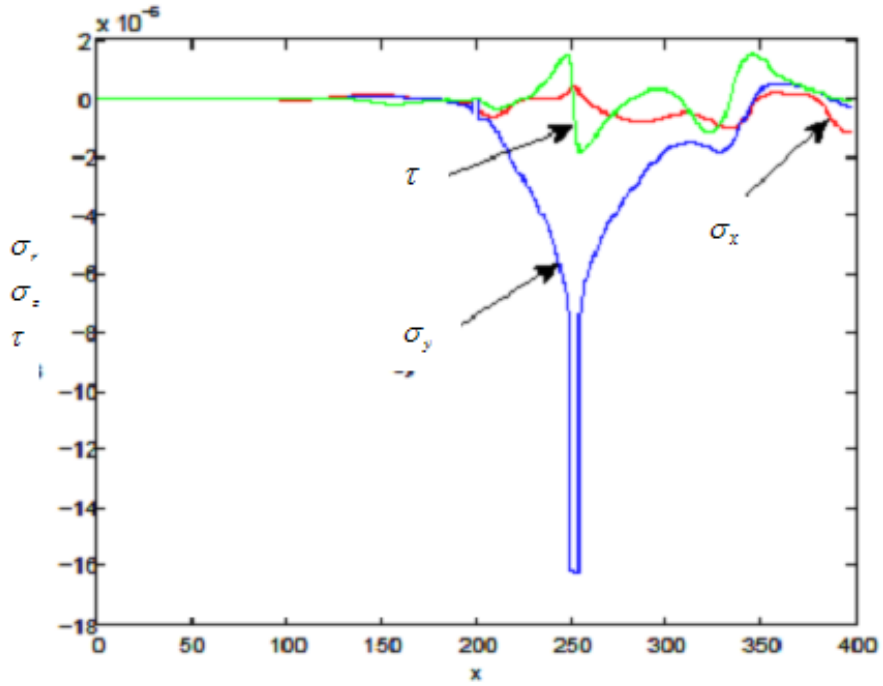


Рис. 4. Нормальные и касательные напряжения в зависимости от координат и времени при $x = 1dx - 400dx$, $y = 30dy$, $t = 295dt$

На рисунке 4 описывается напряженно-деформируемое состояние упругого слоя под полостью, где значений напряжений 10 раз меньше чем значении напряжении над полостью.

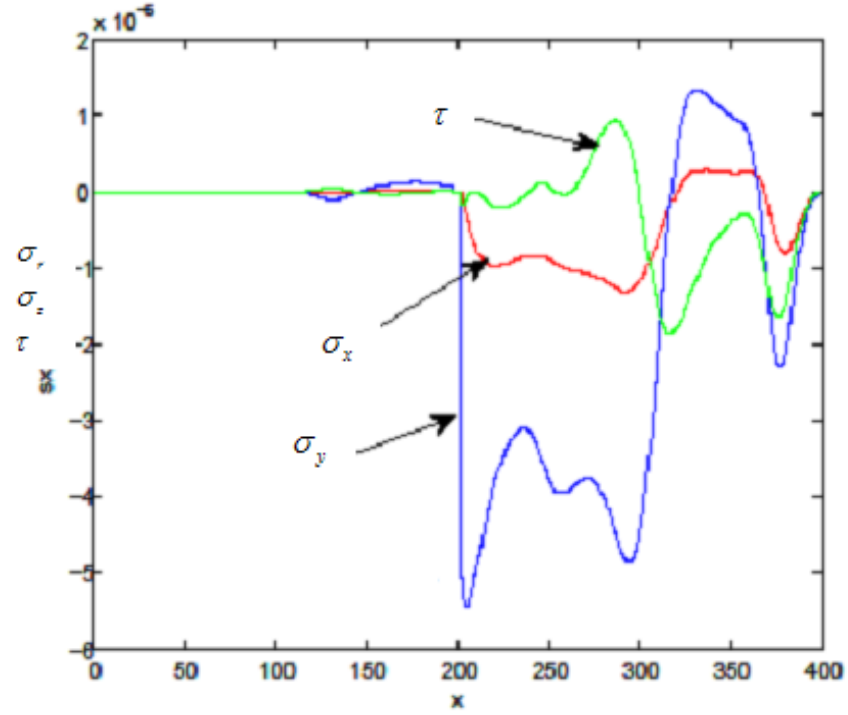


Рис. 5. Нормальные и касательные напряжения в зависимости от координат и времени при $x = 1dx - 400dx$, $y = 75dy$, $t = 295dt$

На рисунке 5 даны значений напряжений на границе упругого слоя и жесткого основания. В этом случае волна распространяется без препятствий полости, кроме того на этом участке происходит наложения прямых и отраженных волн, что приводит возрастанию амплитудных значений напряжений на разы.

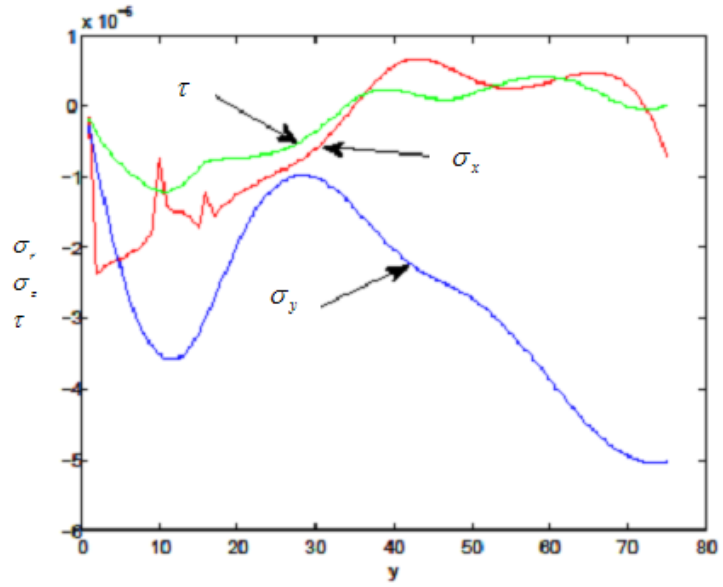


Рис. 6. Нормальные и касательные напряжения в зависимости от координат и времени при $x = 210dx$, $y = 1dy - 75dy$, $t = 295dt$

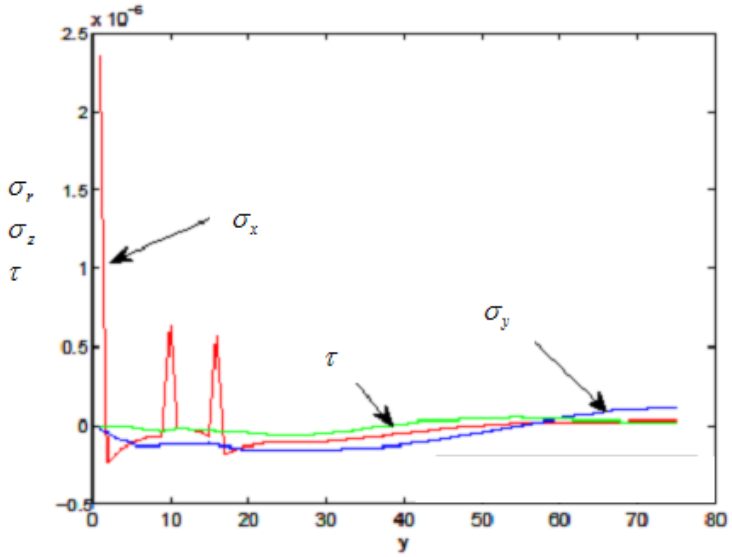


Рис. 7. Нормальные и касательные напряжения в зависимости от координат и времени при $x = 190dx$, $y = 1dy - 75dy$, $t = 295dt$

В рисунках 6 и 7 получены результаты изменения нормальных и касательных напряжений перед полостью и после полости. В графике 6 изменения значений напряжений своеобразно, так как на этом участке нет никаких препятствии, но заметно влияние отраженных волн. Нормальное напряжения σ_x в графике 7 изменяется скачкообразно, что объясняется наличием полости в упругом слое.

Исследовано волновое поле вокруг полости в упругом слое и на границе жестким основанием, возникающий под действием внешней нагрузки паралельной оси y.

Получено исходная система гиперболических уравнений в частных производных первого порядка относительно компонентов напряжений, найдены характеристические прямые линии и характеристические соотношения на них.

Проведен анализ волнового поля в зависимости от вида задаваемой нагрузки. Сравнение колебаний свободной поверхности упругого слоя и границы его с жестким основанием показаны на графиках, построенных в виде зависимости напряжений от координат и времени.

Анализ результатов расчета полученных физических параметров слоя и, в частности на свободной поверхности, потверждают о том, что распространения волн быстрее ослабевает. Из анализа результатов, можно увидеть, какие части полости привержены к более сильным нагрузкам.

Полученные результаты соответствуют физике процесса, что свидельствует о правильно выбранной методике исследования, построенной модели и его реализации.

Работа выполнена при поддержке гранта финансирования по научным проектам № AP05134403.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Годунов С.К. Вычислительная математика и математическая физика. Москва: Наука, 1961. - 1050 с.

[2] Годунов С.К. разностный метод численного расчета разрывных решений уравнений гидродинамики. Математический сборник. Москва: Наука, 1959. - №3. – 359 с.

[3] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследование волновых полей в полупространстве с цилиндрическими полостями расположенных перпендикулярно дневной поверхности / Коллективная монография «Итоги науки» серия «Избранные труды IX-ый Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки» – Москва (Россия), 2014г. – 313 с.

[4] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследование волновых полей в полупространстве с цилиндрическими полостями расположенных перпендикулярно дневной поверхности //Материалы IX Международного симпозиума по фундаментальным и прикладным проблемам науки. Россия. Непряхино, 2014. – Т. 4. - С. 157.

[5] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Волновое поле в упруго-вязкопластическом в четверти пространства с полостью при действии динамической нагрузки // Международная научно-практическая конференция «Механика и строительство транспортных сооружений», посвященной 80-летию заслуженного деятеля науки и техники Казахстана, академика НАН РК Айталиева Ш. М. - Алматы, 2015. – С. 234-237.

[6] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследования геодинамического поля в упругой четверти пространства с полостью, вызванного действием нагрузки // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Россия, г.Новосибирск, 2015г. - Т. 4. - №2. - С. 39-44.

[7] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Определение напряженно – деформируемого состояния упругого полупространства с полостью при воздействии динамической нагрузки // Сборник материалов международной научно – практической конференции «Актуальные проблемы и перспективы развития строительных конструкции: инновации, модернизация и энергоэффективность в строительстве» - Алматы, 2016г., том I - С. 114-119.

[8] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Исследование волновых полей геодинамики в четверти пространства с полостью // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. Россия, г. Новосибирск, 2017г. - Т. 4. - №2. - С. 118-122.

[9] Масанов Ж.К, Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К., Сарсенов Б.Ш. Распространение упругих и упруго-вязкопластических волн в слоистых полупространствах с полостью. Монография. Военный институт Сухопутных войск. Институт механики и машиноведения им. академика У.А.Джолдасбекова. Алматы, 2017. - 292 с.

[10] Ж.К.Масанов, Ж.Т.Кожабеков, Г.К. Тугельбаева. Исследование распространения волн в упругом массиве четверти пространства с полостью // Вестник. Международный научных семинар «Актуальные проблемы инженерной механики» посвященный 95-леию академика АН КазССР, доктора технических наук прфессора, Заслуженного деятеля науки Казахстана Ж.С.Ержанова. г.Алматы, 2017г. - № 1-2. – С. 26-30 .

[11] Сейтмуратов А., Ергалауова З., Махамбаева И., Бексейтова А. (2018) Осесимметричные задачи колебания упругого слоя ограниченые жесткими или деформируемыми границами // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. Алматы, 2018г. - №1. – С. 127-135.

[12] Massanov Zh.K., Baimkhan R.B., Kozhabekov Zh.T., Tugelbayeva G.K., Madaliyev T.B., Abdraimov E.S. Wave spreading in resilient viscous-plastic layer with cavity on the rigid base // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. Алматы, 2020. - №1(439). – С. 56-64.

[13] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Распространение волн в слоистом полупространстве с полостью // Труды XII Всероссийского съезда по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики. Россия. г.Уфа. 2019г. Т. 3. – С. 134-136.

[14] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Распространение волн в упруго-вязкопластическом слое с полостью, лежащем на упругом основании // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – Новосибирск. – 2019. – Т. 6, №1. – С. 34-44.

[15] Масанов Ж.К., Кожабеков Ж.Т., Тугельбаева Г.К. Распространения волны на упруго-вязкопластическом слое с полостью на упругом основании // Известия НАН РК. Серия геологии и технических наук. Алматы, 2019г. –№.4. – С. 62-69.

Тугельбаева Г.К.

Қатты негіздегі қуысы бар серпімді қабаттың кернеулі-деформациялық күйі

Түйіндеме. Жерүстіндегі және жерастындағы құрылыстарды салуды қазіргі замандағы қиындататын мәселелерінің бірі бұл құрылыстың негізіне түсетін жүктемені есептеу және жеңілдету амалдарын қарастыру болып табылады. Әсіресе бұл мәселені шешу ірі өнеркәсіптік ғимараттарын, әскери нысандарын және құрылыс конструкцияларын жобалау және салу кезінде, оларға бірқатар статистикалық және динамикалық жүктемелер әсер ететінін ескерсе оңайға соқпайды. Ірі құрылғыларды және олардың іргітастарын динамикалық күштер әсерінен туындайтын тербелмелі қозғалыстар және кернеулер әр-түрлі деформациялануға және түрлі зақымдарға алып келеді, сондықтан олар ауытқуы және қыисайуы мүмкін.

Өмір практикасынан белгілі жерсілкінісі кезінде тербелістер мен соққылардың әсері топырақ пен іргетасқа айтарлықтай ықпал етуі мүмкін, соның салдарынан құрылыстар тұрақтылығын жоғалтып құлапта жатады.

Құрылыстың негізін зерттеу, оның жұмыс барысында сыртқы күштердің әсерінен пайда болатын механикалық жайын және оны сипаттайтын шамалардың өзгеру заңдылықтарының құрылыс негізіне әсерін саплы және санды бағалауға мүмкіндік береді.

Біздің жұмыстың мақсаты бет жағынан әсер етерін динамикалық жүктеменің әсеінен пайда болған толқындардың қатты негіздегі қуысы бар серпімді қабатындағы таралуын зерттеу болып табылады.

Қарастырып отырған есепті механика-математикалық модельдеу арқылы С.К.Годуновтың ыдырау үзілу әдісін қолдана отырып шешуге болады $[1,2]$. Бұл әдісті қолдану гиперболалық типті квази-сызықтық теңдеулер жүйесін сандық интегралдауға және газ динамикасының мәселелерін кең ауқымды шешуге, сондай-ақ тұтас орта механикасының басқа да тарауларын қолдануға тиімді. Бұл сұба ұяшықтар айырымдарына сәйкес физикалық шамалардың орташа мәндерін физикалық тұрғыдан түсіндіруге ыңғайлы. Ұяшықтарды сипаттайтын шамалары әр-түрлі екі көршілес ұяшықтардың әсерлесу нәтижесінде ортақ шекара арқылы массаның, импульстің және энергияның жылжуы пайда болады. Бұл шамалардың ағыны сәйкес келетін ыдырау үзілу есептерінің көмегімен анықтауға болады.

Түйін сөздер: қабат, серпімділік, қуыс, жүктеме, толқын, керненулі-деформациялық күй, динамика.

УДК 624.151.5

[1]Ye.B. Utepov, [1]T. Mkilima, [1]A.S. Tulebekova, [2]A.B. Kazkeyev
([1]L.N. Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan,
[2]Shakarim State University of Semey, Semey, Kazakhstan.
E-mail: utepov-elbek@mail.ru)

LINEAR INTERPOLATION EFFECTIVENESS ON TERZAGHI'S BEARING CAPACITY FACTORS FOR SHALLOW FOUNDATIONS

Abstract. This study investigated the potential of applying linear interpolation approach on Terzaghi's bearing capacity factors ($N_c, N_q,$ and N_γ) used for shallow foundations design. A comparative analysis was done between the available tabulated values and the interpolated values using numerical and graphical methods. From the plotted graphs, the interpolated values were highly matching to the known values with R^2 values compliance close to 100% for all the three studied bearing capacity factors. The derived results reveal the effectiveness of the linear interpolation method for computing Terzaghi's bearing capacity factors for a non-tabulated angle of internal friction.

Keywords: shallow foundation, bearing capacity, linear interpolation, soil mechanics, soil angle of friction.

1. Introduction

A foundation is an important part of a structure that transmits the weight of the structure to the ground. Foundations are used to support all structures constructed on land [1]. Therefore, a foundation is an important link that connects the ground and the structure to be supported. Understanding the characteristics of bearing strength of soil to support a foundation is a key aspect when designing civil engineering structures [2]. The maximum average contact pressure between the foundation and the soil without producing shear failure in the soil is known as soil bearing capacity [3]. Moreover, the soil bearing capacity to support the foundation of structure differ from soil to soil [4]. Therefore, site investigation and characterization before a foundation design is of great importance to reduce the risk of failure of a structure [5].

The mechanism of bearing failure related to foundation and soil is defined as the moment when the load on the foundation footing results to a large movement of the soil on a shear failure surface, extending all the away from the footing and up to the soil surface [6]. In the design of structures, the assessment of the ultimate bearing capacity of the footing is an important task to examine the stability of the structure's ground system [7–10]. Foundations are more prone to failure in seismic environments, where more stability factors have to be observed during the design process [11–13]. The basic method was developed by Terzaghi, with modifications and additional factors by Meyerhof and Vesić [14].

Terzaghi's bearing capacity method is termed to be the earliest method used in the processes of evaluating the ultimate bearing capacity of rough shallow foundations [15]. This theory defines a shallow foundation as a foundation of which its depth is less than or equal to its width. However, according to later studies, the foundations with a depth measured from the ground surface, equal to 3 to 4 times their width may be categorized as shallow foundations [16].

The Terzaghi's bearing capacity factors, $N_c, N_q, and\ N_\gamma$ are functions of internal friction angle, θ. There are several pre-tabulated values of $N_c, N_q, and\ N_\gamma$ with respect to the θ, however, in real application achieving tabulated θ can be a challenge. In that regard, a simple and effective approach for estimating the missing corresponding values becomes significant. Linear interpolation is one of the handy methods that can be used to fit a curve using linear polynomials to construct new data points within the range of a discrete set of known data points [17].

In this study, the potential of applying a linear interpolation approach on Terzaghi's bearing capacity factors used for shallow foundations design for non-tabulated values is investigated. The tabulated values of the effective angle of internal friction and Terzaghi's bearing capacity factors ($N_c, N_q, and\ N_\gamma$) were used as known values. A comparative analysis was done between the available tabulated values and the extrapolated values using numerical and graphical methods.

2. Materials and methods

2.1 Model development

The tested and tabulated values of the effective angle of internal friction and Terzaghi's bearing capacity factors ($N_c, N_q,$ and N_γ) were used as known values. Assigning of effective angle of internal friction was achieved by computing an average between two adjacent tabulated (tested) values as summarized in Equation 1.

$$\theta_e = \frac{\theta_u - \theta_l}{2} \tag{1}$$

Where;

θ_e=angle of interpolation;

θ_u=upper adjacent known angle;

θ_l=lower adjacent known angle.

Interpolation of the unknown (non-tabulated) values was achieved in Microsoft Excel 2019 using the *FORECAST* function of the linear interpolation. Two calls to the MATCH function were used to find the closest value of the tabulated effective angle of internal friction but less than the effective angle of internal friction to be used for interpolation, while two calls of OFFSET function were used to reference the tabulated θ as well as the $N_c, N_q, and\ N_\gamma$ just above and below the values to be interpolated as summarized in Equation 2.

$$I_v = FORECAST(\theta_e, OFFSET(K_y, MATCH(\theta_e, K_x, 1) - 1,0,2), OFFSET(K_x, MATCH(\theta_e, K_x, 1) - 1,0,2)) \tag{2}$$

Where;

I_v=interpolated value;

θ_e=angle of interpolation;

K_y=known values of $N_c, N_q, and\ N_\gamma$;

K_x=known values of θ.

2.2 Statistical analysis

All the statistical computations and plotting of graphs were achieved in Microsft Excel 2019. Trendlines with R^2 values close to 1 were selected for the comparative analysis of the tabulated and interpolated values. The degree at which the R^2 value from a trendline developed from the graph of the tabulated values comply with the trendline of the graph developed from the interpolated values was also analyzed in terms of percentage as shown in Equation 3.

$$R^2\ pecent\ compliance\ (\%) = \frac{known\ R^2}{interpolated\ R^2} \times 100\% \quad (3)$$

3. Results and discussion

Table 1 presents the results of the interpolated Terzaghi's bearing capacity factors ($N_c, N_q,$ and N_γ) as functions of an effective angle of internal friction. From the plotted graphs in Figures 1, 2, and 3, it can be observed that the trends of the graphs from the interpolated values are highly matching to the known values. The initial tabulated (known) effective angle of internal friction is 0^0 followed by 5^0 while for this study the initial effective angle of internal friction is 2.5^0 as an intermediate degree between 0^0 and 5^0. From the interpolation results, it can be observed that there is a huge deviation among the final values of N_γ especially those corresponding to 37.5^0, 42.5^0, $46.5^{0,}$ and 49^0, while similar deviation from tabulated (known) values corresponds to 35^0, 40^0, 45^0, 48^0 and 50^0 of effective angle of internal friction. The similarity reveals the usefulness of the linear interpolation approach for the computation of non-tabulated factors using Terzaghi's bearing capacity method for shallow foundation design.

Table 1. **Interpolation results**

Angle of internal friction (θ^0)	N_c	N_q	N_γ
2.5	6.5	1.3	0.25
7.5	8.45	2.15	0.85
12.5	11.25	3.55	1.85
17.5	15.3	5.9	3.75
22.5	21.4	10.05	7.35
27.5	31.15	17.6	14.7
32	44.9	29.5	27.85
34.5	55.2	38.95	39.2
37.5	76.75	61.35	71.4
42.5	134	127.3	198.95
46.5	215.3	230.6	538.8
49	302.9	351.5	966.65

For the N_c factor, an exponential trendline was selected. The N_c trendlines (Figure 1) derived from the exponential function resulted in R^2 of 0.9741 and 0.9774 for known and interpolated values respectively. The known and interpolated R^2 values compliance is approximately to 99.66%, which is almost close to 100%. Also, high similarity is observed from the equations of the two studied parameters.

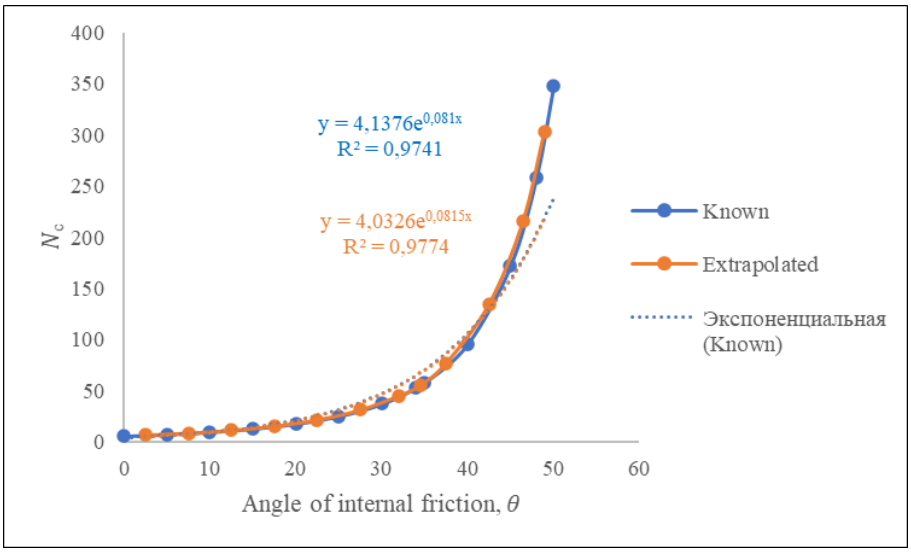


Figure 1. N_c graph: known, interpolated, and trendlines

Also, the N_q trendlines (Figure 2) were derived from the exponential function achieving R^2 of 0.9911 and 0.9923 for known and interpolated values respectively. The compliance between the known and interpolated values is 99.88% which is also close to 100%. The high compliance between the known and interpolated R^2 signifies that the interpolation approach was able to produce results with high accuracy. As in the case of N_c, a high similarity is also observed from the equations of the known and interpolated values.

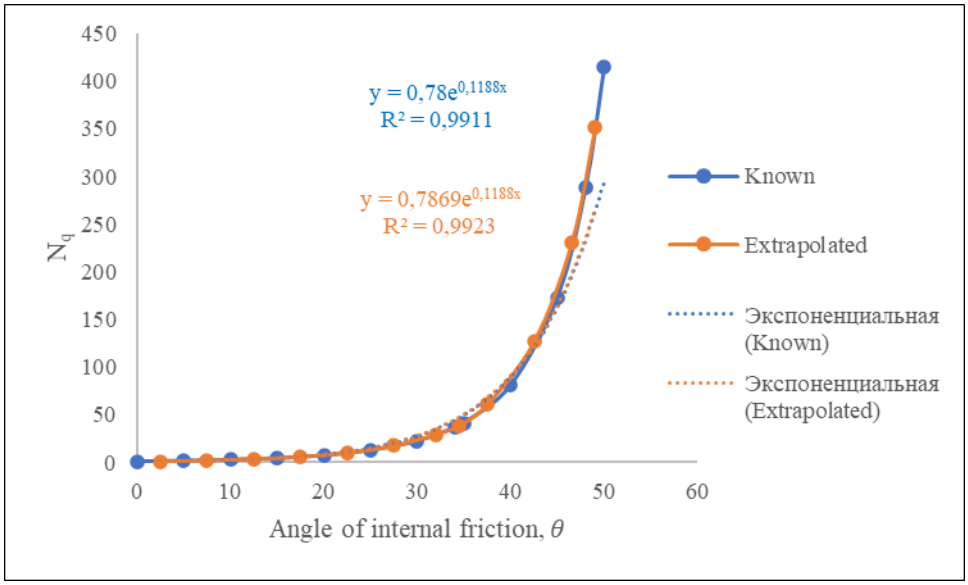


Figure 2. N_q graph: known, interpolated, and trendlines

The derivation of N_γ trendlines was achieved using polynomial 6th order function, achieving R^2 values of 0.9971 and 0.9999 of known and interpolated values respectively. A compliance of approximately to 99.72% was achieved out of the R^2 values, indicating high accuracy of the interpolated values (Figure 3).

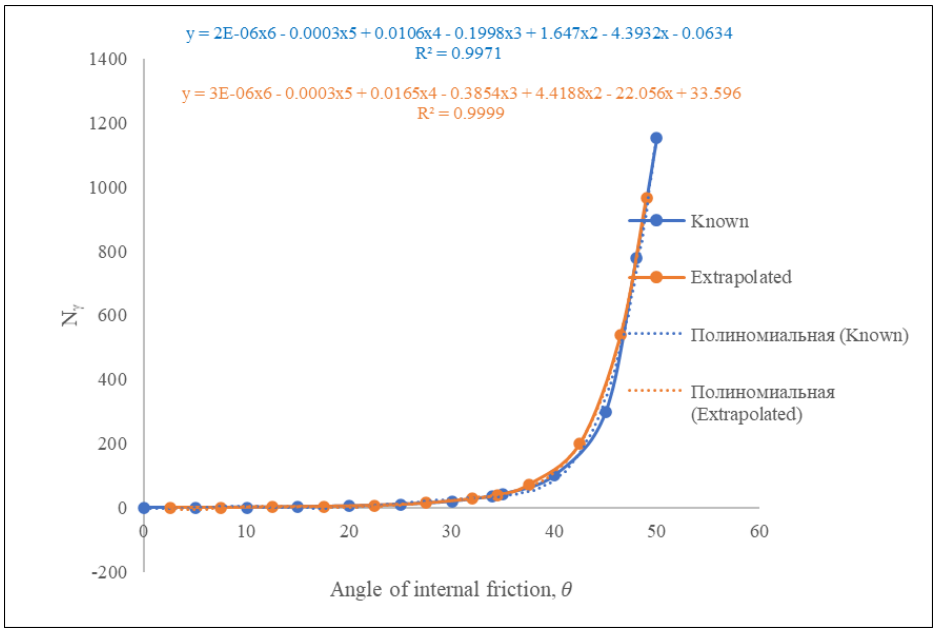


Figure 3. N_γ graph: known, interpolated, and trendlines

4. Conclusion

This study reveals the significant potential of linear interpolation for the computation of non-tabulated values of Terzaghi's bearing capacity factors. From the plotted graphs, the interpolated values were highly matching to the known values with R^2 values compliance close to 100% for all the three studied bearing

capacity factors. Using the built-in functions in Excel, this approach can be programmed to a semi-automatic system for easy use even for non-experts in the field. This serves to be a simple, effective, and time-saving approach for shallow foundations design using Terzaghi's method.

REFERENCES

[1] Hokmabadi A.S., Fatahi B. Influence of Foundation Type on Seismic Performance of Buildings Considering Soil–Structure Interaction // Int. J. Struct. Stab. Dyn. 2016. Vol. 16, № 08. P. 1550043.

[2] Verruijt A. Bearing capacity // Theory and Applications of Transport in Porous Media. 2018.

[3] Verruijt A. Pile foundations // Theory and Applications of Transport in Porous Media. 2018.

[4] Nelson J.D. et al. Foundation Engineering for Expansive Soils // Foundation Engineering for Expansive Soils. Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc, 2015.

[5] Oyeyemi K.D. et al. Geoengineering site characterization for foundation integrity assessment // Cogent Eng. / ed. Villalobos F. 2020. Vol. 7, № 1.

[6] Li J., Tian Y., Cassidy M.J. Failure Mechanism and Bearing Capacity of Footings Buried at Various Depths in Spatially Random Soil // J. Geotech. Geoenvironmental Eng. 2015. Vol. 141, № 2. P. 04014099.

[7] Chen Q., Abu-Farsakh M. Ultimate bearing capacity analysis of strip footings on reinforced soil foundation // Soils Found. 2015. Vol. 55, № 1. P. 74–85.

[8] Munro R. International Society for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (ISSMGE). 2018. P. 536–537.

[9] Alavi A.H., Sadrossadat E. New design equations for estimation of ultimate bearing capacity of shallow foundations resting on rock masses // Geosci. Front. 2016.

[10] Ismail Ibrahim K.M.H. Bearing capacity of circular footing resting on granular soil overlying soft clay // HBRC J. 2016.

[11] Van Nguyen Q., Fatahi B., Hokmabadi A.S. Influence of Size and Load-Bearing Mechanism of Piles on Seismic Performance of Buildings Considering Soil–Pile–Structure Interaction // Int. J. Geomech. 2017. Vol. 17, № 7. P. 04017007.

[12] Jafarian Y. et al. Centrifuge modeling of seismic foundation-soil-foundation interaction on liquefiable sand // Soil Dyn. Earthq. Eng. 2017.

[13] Nguyen Q. Van, Fatahi B., Hokmabadi A.S. The effects of foundation size on the seismic performance of buildings considering the soil-foundation-structure interaction // Struct. Eng. Mech. 2016. Vol. 58, № 6. P. 1045–1075.

[14] Verruijt A. Analytical Solution // Theory and Applications of Transport in Porous Media. 2018. P. 131–140.

[15] Osipov V.I. Physicochemical theory of effective stress in soils // Physicochemical Theory of Effective Stress in Soils. 2015.

[16] Das B.M. Shallow Foundations // Shallow Foundations: Bearing Capacity and Settlement, Third Edition. Third edition. | Boca Raton : CRC Press, 2017.: CRC Press, 2017.

[17] Menke W., Menke J. Filling in missing data // Environmental Data Analysis with Matlab. Elsevier, 2016. P. 223–237.

Утепов Е.Б., Мкилима Т., Тулебекова А.С., Казкеев А.Б.

Эффективность линейной интерполяции по коэффициентам несущей способности терзаги для фундаментов мелкого заложения

Резюме. В статье был исследован потенциал применения линейного интерполяционного подхода к коэффициентам несущей способности Терзаги (N_c, N_q, и N_γ), используемым при проектировании фундаментов малой глубины. Был проведен сравнительный анализ имеющихся табличных значений и интерполированных значений с помощью численных и графических методов. На основе графиков, интерполированные значения в значительной степени соответствовали известным значениям, при этом соответствие значениям R^2 было близко к 100% для всех трех исследованных коэффициентов несущей способности. Полученные результаты показывают эффективность метода линейной интерполяции для вычисления коэффициентов несущей способности Терзаги для необсуждаемого угла внутреннего трения.

Ключевые слова: малый фундамент, несущая способность, линейная интерполяция, механика грунтов, угол трения грунта.

Утепов Е.Б., Мкилима Т., Тулебекова А.С., Казкеев А.Б.

Ұсақ салынған іргетастар үшін терраганың көтеру қабілетінің коэффициенттері бойынша сызықтық интерполяцияның тиімділігі

Түйіндеме. Бұл мақалада аз тереңдікті іргетастарды жобалау кезінде қолданылатын Терзаганың көтеру қабілетіне (N_c, N_q, және N_γ) сызықтық интерполяциялық әдісті қолдану әлеуеті зерттелді. Бар кестелік мәндерге

және сандық және графикалық әдістердің көмегімен интерполирленген мәндерге салыстырмалы талдау жүргізілді. Графиктер негізінде интерполирленген мәндер едәуір дәрежеде белгілі мәндерге сәйкес келді, бұл ретте R^2 мәндеріне сәйкес барлық үш зерттелген көтеру қабілетінің коэффициенттері үшін 100% жақын болды. Алынған нәтижелер ішкі үйкеліс бұрышына арналған Терзаганың көтеру қабілетінің коэффициенттерін есептеу үшін сызықтық интерполяция әдісінің тиімділігін көрсетеді.

Түйін сөздер: кіші фундамент, көтеру қабілеті, сызықтық интерполяция, Топырақ механикасы, топырақтың үйкеліс бұрышы.

УДК 004.056.55

R. Ospanov, Ye. Seitkulov, N. Arapov
B. Yergaliyeva
(Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: hamza13@mail.ru, seitkulov_y@enu.kz
RSE "Kazaeronavigatsiya", Kazakhstan)

MODIFICATION OF THE SPONGE SCHEME FOR CONSTRUCTING A CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS

Annotation. This article discusses various modifications of the well-known Sponge scheme for constructing cryptographic hash functions (cryptographic sponge). Based on these modifications, a new version of scheme for constructing a cryptographic hash function is proposed.

Р.М. Оспанов[1], Е.Н. Сейткулов[1], Н.К. Арапов[2], Б.Б. Ергалиева[1]
([1]Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан.
[2]РГП «Казаэронавигация», Казахстан.
email: hamza13@mail.ru, seitkulov_y@enu.kz)

МОДИФИКАЦИЯ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ХЕШ-ФУНКЦИЙ SPONGE

Аннотация. В данной статье рассматриваются различные модификации известной схемы построения криптографических хеш-функций Sponge (криптографическая губка). На основе этих модификаций предлагается новый вариант схемы построения криптографической хеш-функции.

Ключевые слова: криптография, хеш-функция, Sponge, модификация, шифрование.

Введение. Криптографический алгоритм хеширования относится к основным и базовым криптографическим примитивам, таким как симметричные блочные шифры, поточные шифры, генерация псевдослучайных чисел и т.д., служащие основой любой криптографической системы защиты информации. Они должны обладать высоким уровнем быстродействия и надежности. В связи с этим, считается необходимым тщательно исследовать различные возможности улучшения качества уже существующих, а также новых разрабатываемых криптографических примитивов и элементов их внутренней структуры.

Криптографическая хеш-функция, как криптографический примитив, является основой для создания эффективных средств криптографической защиты информации для обеспечения информационной безопасности в различных информационных системах. Криптографические хеш-функции используются в огромном количестве приложений, протоколов и схем, например, защита информации с помощью паролей, цифровые подписи, проверка подлинности сообщений, проверка корректности шифротекста, доказательство знания, генераторы псевдослучайных чисел, функции формирования ключей и другие.

К настоящему времени проведено уже множество различных исследований криптографических хеш-функций. Результаты этих исследований и разработки докладываются на различных специализированных международных и национальных криптологических конференциях и публикуются в специализированных криптологических изданиях. Для того чтобы найти и выбрать наиболее лучшие решения в области разработки криптографических хеш-функций, а также чтобы сформулировать стандартизированные рекомендации, проводились международные

криптографические конкурсы CRYPTREC (с 2000 года), NESSIE (2000-2003), NIST SHA-3 competition (2007 – 2012). В результате были выбраны ряд криптографических алгоритмов, которые были рекомендованы в качестве стандартов. В настоящее время проводится конкурс NIST Lightweight cryptography, целью которого является поиск, оценка и стандартизация легковесных (низкоресурсных) криптографических алгоритмов, в том числе криптографических хеш-функций. Хеш-функции SHA-1 [1], SHA-2 [2], SHA-3 [3] (Keccak [4]), RIPEMD-160 [5], BLAKE [6], BLAKE2 [7], Whirlpool [8] – это далеко не полный список известных современных криптографических алгоритмов хеширования, разработанных и исследованных в разные годы криптологами мира.

В общем случае, в основе построения криптографической хеш-функции лежит итеративная последовательная схема, ядром которой является функция сжатия, удовлетворяющая всем условиям криптостойкости. В качестве функции сжатия можно использовать симметричный блочный алгоритм шифрования, либо она может быть спроектирована самостоятельно, с нуля, исходя из требований криптостойкости (как, например, в MD5 [9], SHA-1 [1], SHA-2 [2] и ГОСТ Р 34.11-94 [10]). В настоящее время существует уже более десяти различных схем для построения хеш-функций, такие как широко распространенная схема Strengthened Merkle-Damgard (SMD) [11], [12], Linear Hash (LH) [13], XOR-Linear Hash (XLH) [13], Shoup's Hash (SH) [14], Prefix-free Merkle-Damgard (PfMD) [15], Randomized Hash (RH) [16], HAsh Iterative FrAmework (HAIFA) [17], Enveloped Merkle-Damgard (EMD) [18], Strengthened Merkle Tree (SMT) [19], Tree Hash (TH) [13], XOR Tree (XTH) [13], Random-Oracle-XOR (ROX) [20], Sponge [21], [22].

На сегодняшний день большинство хеш-функций построены с использованием схемы Merkle-Damgard [11], [12]. Однако за последние десятилетия было найдено множество нежелательных свойств данной схемы. Наиболее популярной и перспективной альтернативой стала схема Sponge (криптографическая губка) [21], [22]. С её помощью кроме хеш-функций можно создавать такие криптопримитивы, как блочные симметричные шифры, коды аутентификации сообщения и поточные шифры. Более того, по этой схеме был спроектирован алгоритм Keccak [4], ставший победителем конкурса SHA-3 [3].

В данной статье рассматриваются различные модификации этой схемы.

Схема Sponge. Схема Sponge [21], [22] - это простая итерационная схема для построения функции с входом переменной длины и выходом произвольной длины на основе функции f, являющейся преобразованием фиксированной длины или перестановкой, оперирующей с фиксированным числом b битов. b = r + c. Значение r называется битовой скоростью, а значение c — мощностью. Функцию f будем в дальнейшем называть внутренней функцией. Согласно схеме “Sponge” для вычисления хеш-значения заданного сообщения выполняются следующие преобразования:

1. **Дополнение (padding).** Входное сообщение дополняется некоторым количеством битов так, чтобы длина дополненного сообщения была кратна заданной длине блока сообщения. При чем, если длина входного сообщения изначально кратна длине блока, то либо дополнение выполняется, в результате увеличивая входное сообщение на дополнительный целый блок, либо может не осуществляться. Существуют алгоритмы, в которых дополнение не выполняется, и к последнему неполному блоку применяются отдельные преобразования, отличающиеся от преобразований, выполняемых над “полными” блоками.

2. **Инициализация состояния.** В алгоритме используется переменная S, битовая последовательность некоторой определенной длины, называемая состоянием (state). Начальное значение состояния, т.е. все биты этой переменной, называют корневым состоянием (root state). Оно определяется алгоритмом и имеет фиксированное значение, и никогда не должно рассматриваться как входное. Это имеет решающее значение для безопасности схемы sponge.

3. **Фаза впитывания (absorbing phase).**

1) Выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и первым блоком. И затем первые r бит состояния S заменяем на результат этой операции.

2) К состоянию S применяется внутренняя функция f.

3) Выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и следующим блоком. И затем первые r бит состояния S заменяем на результат этой операции.

4) К состоянию S применяется функция f.

5) Повторяются шаги 3 и 4 до тех пор, пока не будут обработаны таким образом все блоки сообщения.

4. **Фаза выжимания (squeezing phase).**

1) Первые r бит состояния S возвращаются в качестве первого блока.

2) К состоянию S применяется функция f.

3) Первые r бит состояния S возвращаются в качестве следующего блока.

4) Повторяются шаги 2 и 3 до тех пор, пока общая длина всех возвращенных блоков не будет больше или равна требуемой длине хеш-значения.

5) Полученный результат усекается до требуемой длины.

Модификации схемы. Далее рассмотрим различные модификации и некоторое обобщение схемы “Sponge”.

JH-sponge. В работе [23] представлена криптографическая хеш-функция JH (финалист конкурса SHA3), построенная по схеме, отличающейся от обычной схемы “Sponge” тем, что блоки сообщений вводятся дважды: сначала, как в “Sponge”, перед вызовом функции обновления, а затем на противоположной стороне внутреннего состояния после этого вызова. Оба раза вводится один и тот же блок сообщений. Согласно этой схеме над входным сообщением выполняются следующие преобразования:

1) Дополнение (padding);

2) Инициализация состояния;

3) Выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и первым блоком, и затем первые r бит состояния S заменяются на результат этой операции;

4) К состоянию S применяется внутренняя функция f;

5) Выполняется побитово операция XOR между битами второй части состояния S и первым блоком, и затем вторая часть состояния S заменяется на результат этой операции;

6) Выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и следующим блоком, и затем первые r бит состояния S заменяются на результат этой операции;

7) К состоянию S применяется функция f;

8) Выполняется побитово операция XOR между битами второй части состояния S и тем же блоком, и затем вторая часть состояния S заменяется на результат этой операции;

9) Повторяются шаги 6, 7 и 8 до тех пор, пока не будут обработаны таким образом все блоки сообщения;

10) Полученный результат усекается до требуемой длины.

По аналогичной схеме построены алгоритмы SIPHash [24], SPN-Hash [25].

Extended Sponge functions. В работе [26] представлено семейство криптографических хеш-функций PHOTON, построенное по схеме, немного расширяющей схему “Sponge”, позволяя количеству r' битов, получаемых во время каждой итерации “фазы выжимания” (squeezing phase) (шаг 3), отличаться от битовой скорости r.

По аналогичной схеме построен алгоритм TRIAD [27].

Parazoa. В работе [28] в рассмотрение вводится семейство криптографических хеш-функций “Parazoa”, построенных по схеме, обобщающей схему “Sponge”. Согласно этой схеме над входным сообщением выполняются следующие преобразования:

1) дополнение (padding), при котором входное сообщение делится блоки одинаковой длины путем применения функции дополнения (padding function);

2) “впитывание” (absorbing), при котором блоки входного сообщения последовательно обрабатываются путем применения к ним и состоянию функции сжатия (compression function) (compression phase);

3) “выжимание” (squeezing), при котором последовательно получают выходные блоки (не обязательно той же длины, что у входных блоков) путем применения к состоянию функции извлечения (extraction function) (extraction phase);

4) “завершение” (finalization), при котором получается требуемое хеш-значение путем применения к выходным блокам функции завершения (finalization function).

Функции сжатия и извлечения основаны на некоторой перестановке.

Enhanced Sponge Function. В работе [29] предлагается новая схема “Enhanced Sponge Function (ESF)”. Эта схема предполагает использование двух внутренних перестановочных функций в отличии от “классической” схемы “Sponge”, в которой используется только одна функция. Перетасовка между этими двумя перестановочными функциями выполняется с помощью зависящего от сообщения ключа, сгенерированного псевдослучайным образом. Согласно этой схеме над входным сообщением выполняются следующие преобразования:

1) генерирование ключевого бита: к входному сообщению применяется корректор фон Неймана [30], затем к полученной в результате последовательности битов применяем XOR корректор [30], и получаем ключевой бит;

2) дополнение (padding);

3) выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и первым блоком, и затем первые r бит состояния S заменяются на результат этой операции;

4) первые r бит состояния S последовательно подаются на информационный вход одного 1-2 демультиплексора, на адресный вход которого подается ключевой бит, а остальные c бит состояния S последовательно подаются на информационный вход другого 1-2 демультиплексора, на адресный вход которого также подается ключевой бит; затем к полученным на выходе битам (преобразованному значению состояния) применяется функция f0, если ключевой бит - 0, или применяется функция f1, если ключевой бит – 1;

5) выполняется побитово операция XOR между первыми r битами состояния S и следующим блоком, и затем первые r бит состояния S заменяются на результат этой операции;

6) первые r бит состояния S последовательно подаются на один из информационных входов одного 2-1 мультиплексора, в соответствии со значением ключевого бита, подаваемого на адресный вход, а остальные c бит состояния S последовательно подаются на один из информационных входов другого 2-1 мультиплексора, также в соответствии со значением ключевого бита, подаваемого на адресный вход; затем к полученным на выходе битам (преобразованному значению состояния) применяется функция f0, если ключевой бит - 0, или применяется функция f1, если ключевой бит – 1;

7) ключевой бит инвертируется;

8) Повторяются шаги 5, 6 и 7 до тех пор, пока не будут обработаны таким образом все блоки сообщения;

9) Первые r бит состояния S возвращаются в качестве первого блока;

10) К состоянию S применяем шаги 6 и 7

11) Первые r бит состояния S возвращаются в качестве следующего блока.

12) Повторяются шаги 6 и 7 до тех пор, пока общая длина всех возвращенных блоков не будет больше или равна требуемой длине хеш-значения.

13) Полученный результат усекается до требуемой длины.

Новая модификация. Далее рассмотрим еще один новый вариант модификации схемы “Sponge”, который включает в себя элементы рассмотренных выше схем. Согласно этой схеме над входным сообщением выполняются следующие преобразования:

1) К входному сообщению применяется функция дополнения, в результате которой к сообщению добавляются дополнительные биты, и сообщение представляется в виде конкатенации блоков определенной одинаковой длины r.

2) Выполняется функция инициализации, т.е. заполнение начального значения некоторой переменной S, битовой последовательности некоторой определенной длины, называемой состоянием.

3) К состоянию S и первому блоку сообщения применяется функция инжекции сообщения, в результате которой преобразовывается значение состояния S.

4) Из заданного множества внутренних функций выбирается функция f с помощью функции выбора.

5) К состоянию S применяется функция f.

6) К состоянию S и следующему блоку сообщения применяется функция инжекции сообщения, в результате которой преобразовывается значение состояния S.

7) Из заданного множества внутренних функций выбирается функция f с помощью функции выбора.

8) К состоянию S применяется функция f.

9) Повторяются шаги 6, 7 и 8 до тех пор, пока не будут обработаны таким образом все блоки сообщения.

10) Из состояния S получаем первый выходной блок длиной r' (не обязательно равной r) с помощью функции извлечения.

11) Из заданного множества внутренних функций выбирается функция f с помощью функции выбора.

12) К состоянию S применяется функция f.

13) Из состояния S получаем следующий выходной блок длиной r' с помощью функции извлечения.

14) Из заданного множества внутренних функций выбирается функция f с помощью функции выбора.

15) К состоянию S применяется функция f.

16) Повторяются шаги 13, 14 и 15 до тех пор, пока общая длина всех возвращенных блоков не будет больше или равна требуемой длине хеш-значения.

17) К полученным выходным блокам применяется функция завершения, в результате которой получается требуемое хеш-значение.

Заключение. В данной статье рассмотрены различные модификации перспективной современной схемы построения криптографических хеш-функций “Sponge” (“криптографическая губка”). К настоящему времени в мире разработано уже несколько десятков алгоритмов по этой схеме или по ее модификациям. В них использованы различные способы дополнения (padding). Реализованы десятки вариантов инициализации состояния. И использованы множество преобразований и перестановок в качестве внутренней функции. В настоящее время схема “Sponge” является наиболее удачным и перспективным способом построения современных криптографических хеш-функций. На основе схемы и существующих её модификаций представлена её новая модификация.

Информация о поддержке. Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантового финансирования МЦРИАП, № AP06851124.

ЛИТЕРАТУРА

[1] FIPS PUB 180-1 Secure Hash Standard, 1995

[2] FIPS PUB 180-4 Secure Hash Standard (SHS) 2015

[3] FIPS PUB 202 SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions, 2015

[4] G. Bertoni, J. Daemen, M. Peeters and G. Van Assche, The Keccak reference, SHA-3 competition (round 3), 2011, https://keccak.team/sponge_duplex.html

[5] https://homes.esat.kuleuven.be/~bosselae/ripemd160.html

[6] https://131002.net/blake/

[7] https://blake2.net/

[8] Rijmen, V., Barreto, P. S. L. M. The whirlpool hashing function. NISSIE Submission(2000).

[9] R. Rivest Request for Comments: 1321 MIT Laboratory for Computer Science and RSA Data Security, Inc. April 1992, https://tools.ietf.org/html/rfc1321

[10] ГОСТ Р 34.11-94 «Информационная технология. Криптографическая защита информации. Функция хеширования»

[11] R. Merkle. One way hash functions and DES. Advances in Cryptology – CRYPTO ’89, LNCS vol. 435, Springer, pp. 428–446, 1989.

[12] I. Damgard. A design principle for hash functions. Advances in Cryptology – CRYPTO ’89, LNCS vol. 435, Springer, pp. 416–427, 1989.

[13] M. Bellare and P. Rogaway. Collision-Resistant Hashing: Towards Making UOWHFs Practical. Advances in Cryptology – CRYPTO ’97, LNCS vol. 1294, Springer, pp. 470–484, 1997.

[14] V. Shoup. A Composition Theorem for Universal One-Way Hash Functions. Advances in Cryptology – EUROCRYPT ’00, LNCS vol. 1807, Springer, pp. 445–452, 2000.

[15] J.S. Coron, Y. Dodis, C. Malinaud, and P. Puniya. Merkle-Damgard Revisited: How to Construct a Hash Function. Advances in Cryptology – CRYPTO ’05, LNCS vol. 3621, Springer, pp. 21–39, 2004

[16] Halevi, S., Krawczyk, H.: Strengthening Digital Signatures Via Randomized Hashing. In: Dwork, C. (ed.): CRYPTO 2006. LNCS, vol. 4117, pp. 41–59. Springer (2006)

[17] Eli Biham, Orr Dunkelman, A Framework for Iterative Hash Functions — HAIFA, NIST 2nd hash function workshop, Santa Barbara, August 2006.

[18] Mihir Bellare, Thomas Ristenpart, Multi-Property-Preserving Hash Domain Extension: The EMD Transform , NIST 2nd hash function workshop, Santa Barbara, August 2006.

[19] Ralph C. Merkle, Protocols for Public Key Cryptosystems, IEEE Symposium on Security and Privacy, 1980, pages 122-134.

[20] Andreeva, E., Neven, G., Preneel, B., Shrimpton, T.: Seven-Property-Preserving Iterated Hashing: ROX. In: Kaoru Kurosawa (ed.): ASIACRYPT 2007. LNCS, vol. 4833, pp. 130–146. Springer (2007)

[21] Guido Bertoni, Joan Daemen, Michaël Peeters and Gilles Van Assche. Sponge Functions. Ecrypt Hash Workshop 2007.

[22] Guido Bertoni, Joan Daemen, Michaël Peeters, Gilles Van Assche Cryptographic sponge functions, Version 0.1, January 14, 2011, https://keccak.team/files/CSF-0.1.pdf

[23] Hongjun Wu. The Hash Function JH. 2011. https://www3.ntu.edu.sg/home/wuhj/research/jh/jh_round3.pdf

[24] Aumasson, J. P., & Bernstein, D. J. (2012). SipHash: a fast short-input PRF. In Progress in Cryptology-INDOCRYPT 2012 (pp. 489-508). Springer Berlin Heidelberg

[25] Choy, J., Yap, H., Khoo, K., Guo, J., Peyrin, T., Poschmann, A., & Tan, C. H. SPN-hash: improving the provable resistance against differential collision attacks. 2012. https://eprint.iacr.org/2012/234.pdf

[26] Guo, J., Peyrin, T., & Poschmann, A. (2011). The PHOTON family of lightweight hash functions. In Advances in Cryptology–CRYPTO 2011 (pp. 222-239). Springer Berlin Heidelberg.

[27] Subhadeep Banik, Takanori Isobe, Willi Meier, Yosuke Todo, Bin Zhang. TRIAD v1 – A lightweight AEAD and hash function based on stream cipher. Cover sheet. 2019. https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/Lightweight-Cryptography/documents/round-1/spec-doc/TRIAD-spec.pdf

[28] Elena Andreeva and Bart Mennink and Bart Preneel The Parazoa Family: Generalizing the Sponge Hash Functions,Cryptology ePrint Archive, Report 2011/028, https://eprint.iacr.org/2011/028.

[29] Magdy M. Saeb. An Enhanced Sponge Function (ESP). " International Journal of Computer Science & Communications Security IJCSCS, July 2012. http://www.ijcscs.org/journal, https://www.researchgate.net/publication/230646378_An_Enhanced_Sponge_Function_ESP

[30] R. Davies, Hardware Random Number Generators, http://www.robertnz.net/hwrng.htm.

Оспанов Р.М., Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б.

Sponge криптографиялық хеш-функциясын құру схемасын модификациялау

Түйіндеме. Бұл мақалада Sponge (криптографиялық губка) криптографиялық хеш-функциясын құру схемасының әртүрлі модификациялары қарастырылады. Осы модификациялар негізінде жаңа криптографиялық хеш-функциясының нұсқасы ұсынылады.

Түйін сөздер: криптография, Sponge, хеш-функциясы, модификация**,** шифрлау

УДК 539.3

N. Ashirbayev, Zh. Ashirbayeva, T.Sultanbek, A. Abzhapbarov, Sh. Altynbekov
(M.Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
ank_56@mail.ru)

FEATURES OF THE UNSTEADY STRAIN STATE IN AN ELASTIC SINGLE-SUPPORT STRUCTURE

Abstract. In a linear formulation, the problem of the propagation of unsteady stress waves in an elastic single-support structure, which is a rectangular strip, is solved. Formulated in terms of stresses and velocities, the mixed problem is modeled numerically using an explicit difference scheme of the end-to-end calculation based on the method of spatial characteristics. The wave process is caused by applying an external dynamic load on the front border of the rectangular region, and the side boundaries of the region are free of stresses. Inhomogeneous boundary conditions are set on the lower boundary of the rectangular region, where the middle part of the boundary is rigidly fixed, and its lateral sections are free of stresses. The concentration of dynamic stresses in the vicinity of the discontinuity of the boundary conditions is investigated.

Keywords: speed, stress, load, fracture, plane deformation, stress concentration.

Н.К.Аширбаев[1], Ж.Н.Аширбаева[1], Т.С.Сұлтанбек[1],А.Абжапбаров[1] ,Ш.Е.Алтынбеков[1]
([1]Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауэзова, Казахстан, г. Шымкент
ank_56@mail.ru)

ОСОБЕННОСТИ НЕСТАЦИОНАРНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В УПРУГОЙ ОДНООПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ

Аннотация. В работе в линейной постановке решается задача о распространении нестационарных волн напряжений в упругой одноопорной конструкции, представляющей собой прямоугольную полосу. Сформулированная в терминах напряжений и скоростей смешанная задача моделируется численно с помощью явной разностной схемы сквозного счета, основанной на методе пространственных характеристик. Волновой процесс вызывается прикладыванием внешней динамической нагрузки на лицевой границе прямоугольной области, а боковые границы области свободны от напряжений. На нижней границе прямоугольной области заданы неоднородные граничные условия, где средняя часть границы жестко закреплена, а боковые участки ее свободны от напряжений. Исследована концентрация динамических напряжений в окрестности разрыва граничных условий.

Ключевые слова: скорость, напряжение, нагрузка, разрыв, плоская деформация, концентрация напряжений.

Введение. Исследование распространения динамических возмущений в упругом теле конечных размеров с учетом ряда ослабляющих факторов (разрывы в граничных условиях, отверстия, полости, вырезы и т.д.) имеет не только теоретическое, но и прикладное значение, определяемое запросами инженерной практики. Решение соответствующих конкретных задач и изучение нестационарных волновых полей позволяют выявить физические следствия разного рода, оценить прочность и надежность работы всей конструкции. При построении аналитических решений плоских задач для областей, имеющих конечные размеры, возникают непреодолимые трудности математического моделирования процессов многократного отражения, дифракции и интерференции волновых возмущений.

Решение краевых задач для таких областей, как правило, требует и разработки эффективных нестандартных или модифицированных численных алгоритмов. А в связи с бурным ростом современных вычислительных средств и современных информационных технологий существует также потребность в их использовании для решения указанного рода задач и получении работающих программ для персональных компьютеров, позволяющих рассчитывать то или иное состояние объектов в конкретных задачах практической направленности [1-18]. Цель данного исследования состоит в развитии разностного метода пространственных характеристик для решения плоских задач динамической упругости с разрывными граничными условиями.

Постановка задачи. Рассмотрим основные уравнения задачи динамической теории упругости для однородного изотропного упругого тела в декартовой системе координат. Для удобства изложения оси декартовой системы координат обозначены через Ox_i (i=1,2), а время через t. Составляющие тензора напряжений обозначены через σ_{ij} (x_1, x_2, t), тензора деформаций – через ε_{ij} (x_1, x_2, t) (i, j = 1,2) и, наконец, вектора перемещения – через u_i (x_1, x_2, t) (i = 1,2).

Уравнения движения и закон Гука для однородной изотропной упругой среды могут быть записаны в виде:

$$\sigma_{ij,j} = \rho\, \partial^2 u_i / \partial t^2 \qquad (i=1,2), \tag{1}$$

$$\sigma_{ij}=\lambda\theta\delta_{ij}+2\mu\varepsilon_{ij}\ , \tag{2}$$

где ρ – плотность материала среды, λ, μ – постоянные Ламе, δ_{ij} – символ Кронекера, θ – объемная деформация, равная

$$\theta = \varepsilon_{11}+ \varepsilon_{22}+\varepsilon_{33}\ .$$

Запятая с индексом означает частную производную по соответствующему аргументу. По j производится суммирование (j=1,2).

Следуя работе [1] введены безразмерные переменные по формулам:

$$\vec{t} = \frac{tc_1}{b}; \qquad \vec{x}_i = \frac{x_i}{b}; \qquad v_i = \frac{1}{c_1}\frac{\partial u_i}{\partial t},\ (i=1,2)$$

$$p = \frac{\sigma_{11}+\sigma_{22}}{2\rho c_1^2}; \qquad q = \frac{\sigma_{11}-\sigma_{22}}{2\rho c_1^2}; \quad \tau = \frac{\sigma_{12}}{\rho c_1^2}; \quad \gamma = \frac{c_1}{c_2}\ , \tag{3}$$

где b – характерная длина, c_1, c_2 -скорости волн расширения и сдвига, σ_{11}, σ_{22}, σ_{12} - компоненты тензора напряжений, γ - постоянный параметр. В дальнейшем черта над безразмерными параметрами опускается.

Тогда в условиях плоской деформации волновой процесс во внутренних точках прямоугольной полосы описывается в виде системы уравнений для скоростей перемещений v_1, v_2 и трех линейных комбинаций p, q, τ компонент тензора напряжений [1-2]:

$$v_{1,t} - p_{,1} - q_{,1} - \tau_{,2} = 0\ ; \quad v_{2,t} - p_{,2} + q_{,2} - \tau_{,1} = 0\ ; \tag{4}$$

$$\gamma^2 (\gamma^2 - 1)^{-1} p_{,t} - v_{1,1} - v_{2,2} = 0\ ; \qquad \gamma^2 q_{,t} - v_{1,1} + v_{2,2} = 0\ ;$$

$$\gamma^2 \tau_{,t} - v_{1,2} - v_{2,1} = 0\ .$$

Запятая с индексом означает частную производную по соответствующему аргументу. Эта постановка выбрана потому, что такие системы изучены к настоящему времени довольно хорошо, и

кроме того, при выборе скоростей перемещений и напряжений в качестве зависимых переменных исключаются производные из граничных условий.

Исследуется плоская деформация упругого тела с прямоугольным поперечным сечением. Сечение имеет размеры $0 \le x_1 \le l, \quad -L \le x_2 \le L$ (рисунок 1). Краевая задача, формулируемая для разрешающих уравнений (4), предполагает, что в начальный момент времени $t = 0$ тело находится в состоянии покоя

$$v_1(x_1; x_2; 0) = v_2(x_1; x_2; 0) = p(x_1; x_2; 0) = q(x_1; x_2; 0) = \tau(x_1; x_2; 0) = 0. \quad (5)$$

В любой другой момент времени t>0 на границе $x_1 = 0$, $-L \le x_2 \le L$ действует равномерно распределенная нагрузка, изменяющаяся во времени по закону непрерывно дифференцируемой функции f(t), которая в начале монотонно возрастает до максимального значения $f(t_0)$, а затем монотонно убывает

$$v_1 = f(t), \quad v_2 = 0 \text{ при } x_1 = 0, \quad -L \le x_2 \le L \quad (6)$$

Боковые грани $|x_2| = L$ полосы свободны от напряжений

$$p - q = 0, \ \tau = 0 \text{ при } |x_2| = L, \quad 0 \le x_1 \le l. \quad (7)$$

На нижней грани $x_1 = l$ полосы рассмотрены неоднородные граничные условия

$$v_1 = v_2 = 0 \qquad \forall |x_2| \le x_2^0 \qquad \text{и} \qquad p + q = \tau = 0 \qquad \forall |x_2| \ge x_2^0, \quad (8)$$

где x_2^0 - некоторое постоянное число, удовлетворяющее требованию $|x_2^0| \le l$.

Для сравнения результатов решения задачи рассматривается дополнительная задача , в которой предполагается, что граница $x_1 = l$ полосы жестко закреплена, т.е.

$$v_1 = v_2 = 0 \qquad \text{при } x_1 = l, \qquad |x_2| \le L. \quad (9)$$

Граничные условия (8) соответствуют условиям, при которых средняя часть границы $x_1 = l$ жестко закреплена, а боковые участки ее свободны от напряжений. Они имитируют условия работы одноопорной конструкции. При принятом нагружении (6) в теле возникает сложный процесс распространения продольных в направлениях осей x_1, x_2 и поперечных волн, которые через некоторое время (в зависимости от размеров и скорости распространения возмущений) начинают интерферировать. Необходимо исследовать волновое движение внутри рассматриваемого тела при $t > 0$.

Методы. Решение системы уравнений (4) при начальных (5) и граничных (6) – (8) условиях отыскивается разностным методом пространственных характеристик. Алгоритм решения уравнений (4) на основе метода пространственных характеристик разработан в [1-2] для внутренних, граничных и угловых точек и получены соответствующие расчетные конечно–разностные соотношения.. Он основан на конечно – разностных соотношениях, полученных интегрированием уравнений (4) вдоль бихарактеристик и записанных в узловых точках, на которые разбивается вся исследуемая область (рисунок 1). При рассмотрении неоднородных граничных условий (8), для каждой из угловых точек N ($x_1 = \ell$, $x_2 = -L$), K ($x_1 = \ell$, $x_2 = L$), выполняется закон парности касательных напряжений. Это обстоятельство уменьшает число заданных условий в угловой точке на единицу, и для того, чтобы получить замкнутую систему уравнений, необходимо получить одно дополнительное уравнение соответственно для угла N ($x_1 = \ell$, $x_2 = -L$) и K ($x_1 = \ell$, $x_2 = L$). Метод получения дополнительных уравнений для каждой из угловых точек прямоугольной области был рассмотрен в [1-2]. Однако, все полученные конечно – разностные соотношения могут быть использованы только в областях с непрерывным изменением всех входящих параметров.

На границе $x_1 = l$ в точках типа E (рисунок 1) расчетные соотношения имеют особенности. В исследуемой задаче точки $(x_1 = l, \quad |x_2| = x_2^0)$, лежащие на границе $x_1 = l$ полосы, являются особыми из-за скачкообразного изменения граничных условий. В работе [2] отмечена особенность решения для области, которая имеет место в исследуемой нами задаче и для таких точек не разработан метод расчета. Кроме того искомые функций и их первые и вторые производные в граничных узловых точках типа E полосы терпит разрыв первого рода в направлении оси x_2. В связи с чем нами в точках

их сопряжения, где граничные условия изменяются скачком, был предложен метод получения разрешающих уравнений для нахождения искомых функций v_1, v_2, p, q, τ [3]. Следует отметить, что при аппроксимации первых и вторых производных искомых функций в направлении осей x_1, x_2 в граничных узловых точках полосы обычно используется девятиточечная разностная схема [1-2]. При наличии на границах особых точек типа Е для аппроксимации первых и вторых производных искомых функций девятиточечная схема может оказаться недостаточной. Поэтому в предлагаемом подходе для аппроксимации первых и вторых производных искомых функций в особых граничных точках типа Е используется 15 точечная разностная схема[3].

Таким образом построен численный алгоритм решения поставленной нестационарной задачи теории упругости в особых точках, в которых входящие параметры терпят разрыв первого рода. На основе этого численного алгоритма создана единая программа расчетов на языке Фортран для персональных компьютеров.

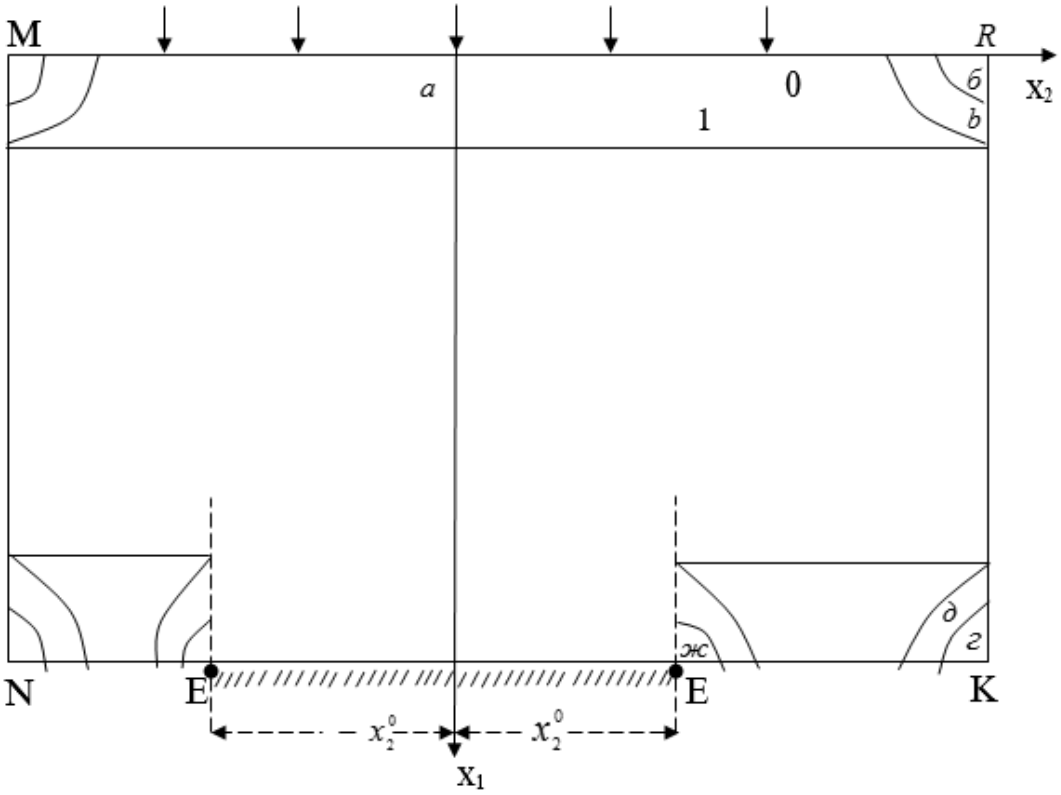


Рис. 1. Исследуемая область

Анализ результатов расчетов. На упругое тело в форме прямоугольной полосы нанесена квадратная сетка, в узлах которой определяются значения компонент скорости v_1, v_2 перемещений и напряжения p, q, τ. Предполагается, что границы тела совпадают с линией узлов квадратной сетки, которая покрывает исследуемую область (рисунок 1).

Вычислительный процесс проводится шагами по времени. Шаг по времени k выбран в соответствии с необходимыми условиями устойчивости [1]

$$\left(\frac{k}{h}\right)^2 \le \min\left\{\frac{\gamma^2}{\gamma^2+1}, \frac{\gamma^2}{2\left(\gamma^2-1\right)}\right\} \tag{10}$$

используемой явной конечно – разностной расчетной схемы.

Таким путем подсчитываются значения искомых величин в любой точке прямоугольной полосы в момент времени $t=t_0 = k\Delta t$. Для получения результатов на следующем шаге по времени $t=(k+1)\Delta t$ достаточно принять найденные величины за начальные данные и повторить вычисления. Для численной реализации разработанной конечно–разностной схемы и решения нестационарных задач

механики деформируемого твердого тела созданы методика и алгоритм расчета и на их основе разработан комплекс программ вычислений на языке Фортран-90 для быстродействующих персональных компьютеров.

Численные результаты приведены для прямоугольной области $0 \le x_1 \le 100$ h, $|x_2| \le 100$ h. Материал тела обладает следующими характеристиками: модуль упругости E=200 ГПа, коэффициент Пуассона ν=0.3, плотность $\rho = 7.9 \cdot 10^3 кг/м^3$, $c_1 = 5817\ м/сек$, $c_2 = 3109\ м/сек$, $\gamma = 1.87$. Параметры волнового поля получены при следующих значениях исходных данных

$$f(t) = At \cdot e^{-st},\ \text{A} = 1,\ \text{s} = 1,\ k = 0.025,\ h = 0.05,\ |x_2^0| = 50h.$$

Здесь A –постоянный множитель, параметр s характеризует скорость изменения внешней нагрузки. Поскольку исследуемое тело имеет свободные границы $x_2 = \pm 100$ h и особенности $|x_2| = x_2^0 = 50h$ на границе $x_1 = 100$ h, то со временем накладывающиеся друг на друга волны отражений (дифрагированные) определяют сложный характер проявления в нем скоростей перемещений, деформаций и напряжений. На рисунке 1 схематизированы типы волн, определяющие напряженность точек тела. Возмущенная область a, передним фронтом которой является линия 1, определяется заданной нагрузкой $f(t)$, изменяющейся во времени. Угловые точки полосы и особые точки типа E являются источниками возмущения , вызывающими как продольные (области в, д и з), так и поперечные (области б, г и ж) волны.

Исследование устойчивости показало, что сеточное отношение k/h, равное 0,5, обеспечивает устойчивые результаты для достаточно большого отрезка времени, при многократных отражениях и дифракциях волн. Фактически расчет был выполнен до t=600 k. При расчетах в любой момент времени t точно выполняются все граничные условия как в угловых, так и в особых точках. Это обстоятельство, в отличие от многих приближенных методов, обеспечивает достоверность полученных решений и соответствующих результатов.

Результаты расчетов представлены в виде графиков для характерных точек прямоугольной полосы в зависимости от времени t, а также в виде поверхности, характеризующее распределение компонента тензора напряжений $p+q$ в исследуемой области.

Из–за симметрии условий закрепления и характера нагружения искомые параметры v_1 , p, q являются четными, а v_2, τ - нечетными относительно оси $x_2 = 0$. В связи с этим на рисунках 2–3 приведены результаты расчетов только для положительных значений x_2. Они показывают сложный характер распределения скоростей v_1, v_2 и напряжений p, q, τ в двумерной области. Симметричность этих функций подтверждена расчетами, что свидетельствует о корректности счета и достоверности полученных результатов.

Изменение нормальных напряжений $p-q$ во времени на отрезке $t \in [0;\ 600k]$ в шести фиксированных точках наблюдения - $1(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 20 \cdot h)$, $2(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 50 \cdot h)$, $3(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 80h)$, $4(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 20 \cdot h)$, $5(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 50 \cdot h)$, $6(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 80 \cdot h)$ показано кривыми на рисунке 2. Анализ поведения нормальных напряжений $p-q$ позволяет в значительной мере проследить процесс прохождения различных волновых фронтов. При малых значениях t поведение кривых в точках 1,2,3 определяется пришедшей от торца $x_1 = 0$ плоской волной сжатия. Из сравнения осциллограмм нормального напряжения $p-q$ (рисунок 2) видно, что напряжения в точках 1,2,3 появляются одновременно и на начальном этапе изменения в целом повторяют заданный граничным воздействием (6) профиль нагружения. На дальнейшее размытие основного импульса во времени сказывается влияние волн дифракции. Обусловленное многократно отраженными от плоских границ упругими волнами нормальное напряжение $p-q$ во всех точках на рассматриваемом отрезке времени постоянно меняют свои знаки.

На рисунке 3 показано распределение нормальных напряжений $p+q$ по координатам x_1/h и x_2/h в момент времени $t = 300 \cdot k$. Здесь концентрация сжимающих напряжений наблюдается вблизи угловой точки $R(x_1 = 0, x_2 = 100\text{ h})$ полосы и особой точки E. Максимум нормальных напряжений $p+q = -1.698$ достигается вблизи особой точки E на границе $x_1 = 100$ h. Уровень концентрации напряжений является функцией времени и в различные моменты времени достигает

различных значений. Закрепленный участок заметно усложняет характер распределения продольных скоростей и напряжений, делает их существенно двумерным.

Анализ скоростей перемещений точек и напряжений в них показывает, что для области с разрывами в граничных условиях и для области без разрыва в граничных условиях вдали от точки разрыва их распределения по оси x_1 / h практически совпадают. Отличия этих параметров наблюдаются лишь вблизи точки разрыва, на расстояниях равных $6 \cdot h - 8 \cdot h$ от точки разрыва.

Следует напомнить, что в разработанном алгоритме вычисления напряжений и скоростей в точках разрыва в граничных условиях учитывается влияние повышенного числа точек исследуемой области, что, как нам, представляется, способствует повышению достоверности результатов.

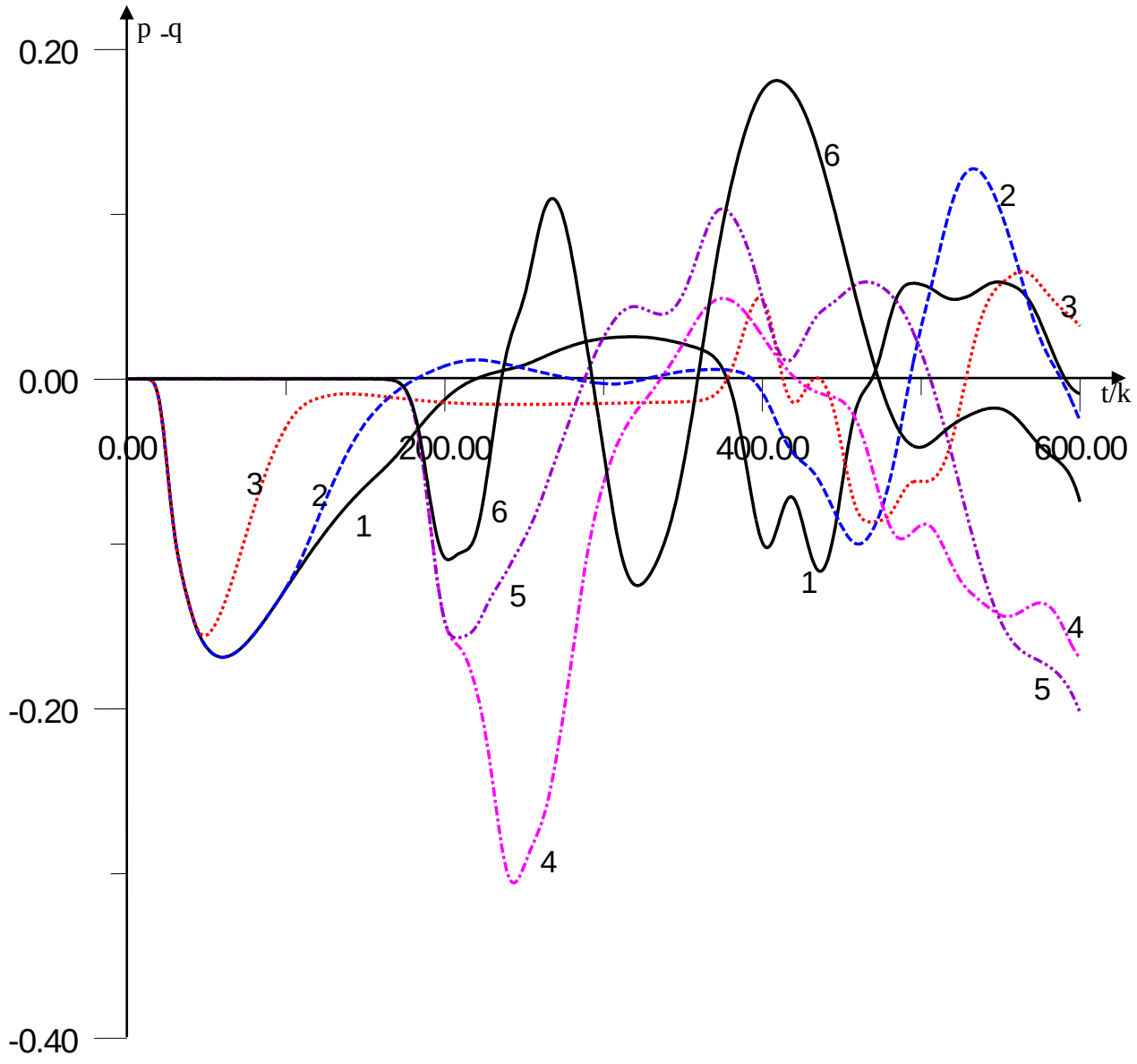


Рис. 2. Осциллограмма нормальных напряжений $p - q$ в шести $1(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 20 \cdot h)$, $2(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 50 \cdot h)$, $3(x_1 = 10 \cdot h, x_2 = 80h)$, $4(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 20 \cdot h)$, $5(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 50 \cdot h)$, $6(x_1 = 90 \cdot h, x_2 = 80 \cdot h)$ фиксированных точках наблюдения прямоугольной области

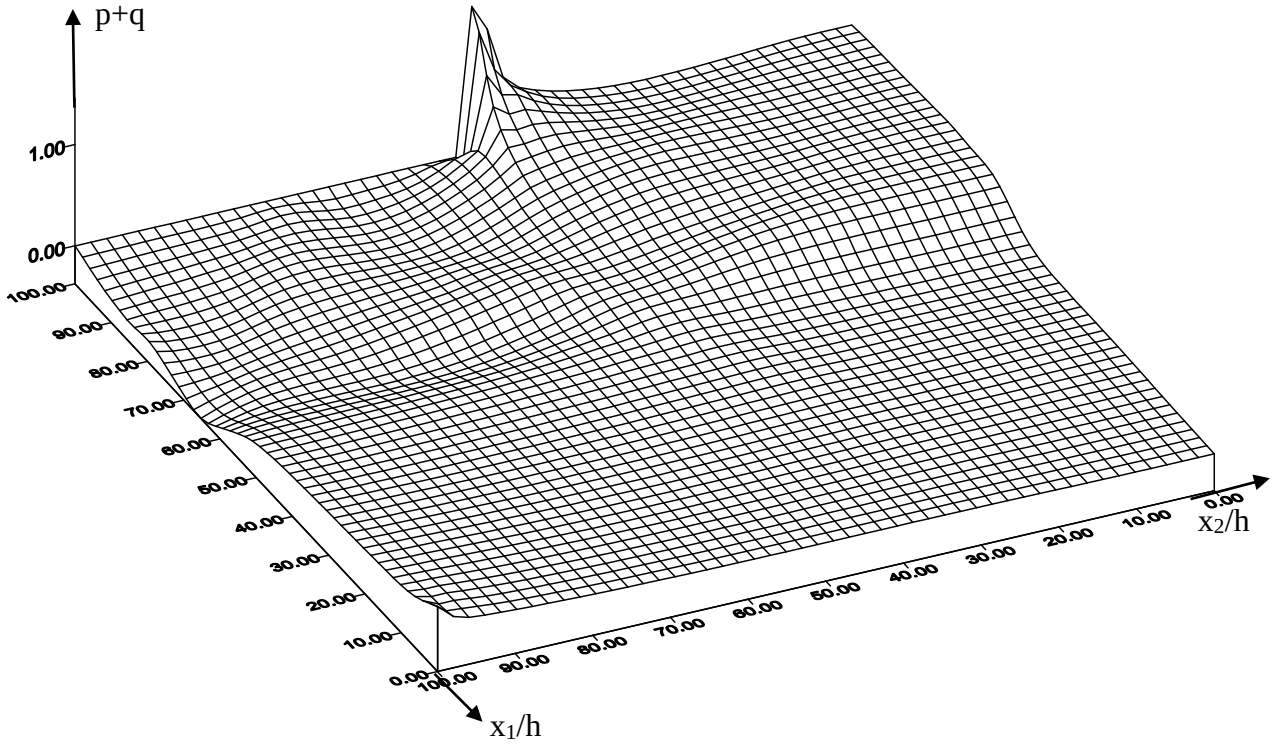


Рис. 3. Распределение нормальных напряжений $p+q$ по координатам x_1/h и x_2/h в момент времени $t = 300 \cdot k$

Заключение. Разработанная методика может быть использована для исследования динамических напряжений при скачкообразном изменении граничных условий, максимально приближенных к реальным типам закрепления ряде инженерных сооружений.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Clifton R.J. A difference method for plane problems in dynamic elasticity// Quart. Appl. Math. –1967. –Vol. 25. –No.1. –P. 97–116.

[2] Ержанов Ж.С., Каримбаев Т.Д., Байтелиев Т.Б. Двумерные волны напряжений в однородных и структурно–неоднородных средах.–Алма-Ата: Наука, 1983.–171 с.

[3] Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Sarsenova G.,Bekmoldayeva R.,Nurmaganbetova Zh.,Duisebayeva P. Investigation of Wave Processes in a Rectangular Region with Discontinuous Boundary Conditions// ISSN 1392−1207. Mechanika. – 2018. – Volume 24(5). – P. 680−684.

[4] Ashirbayev N., **Ashirbayeva Zh. Sultanbek T. Bekmoldayeva R.** Modeling and solving the two-dimensional non-stationary problem in an elastic body with a rectangular hole// AIP Conference Proceedings. 2016, V. 1759, 020078, http://dx.doi.org/10.1063/1.4959692.

[5] Долотов М.В., Килль И.Д., Лимонченко Ю.Г. Несимметричная касательная нагрузка на границе упругого полупространства// Прикладная математика и механика, 2015. –Т.79. –С.264–272.

[6] Alexeeva L.A.,Sarsenov B.T. Mathematical model of massive dynamics in the neighborhood of disturbance focus //AIP Conference Proceedings, 2015.– Vol.1676, 020067,DOI: http://dx.doi.org/10.1063/1.4930481.

[7] Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Abzhapbarov A., **Shomanbayeva M.** The features of a non-stationary state of stress in the elastic multisupport construction // AIP Conference Proceedings. 2016, V. 1759, 020039, http://dx.doi.org/10.1063/1.4959653.

[8] Мамаев Ш.М., Борашева Н.Т. Численное исследование распространения динамических возмущений в составных стержнях сеточно-характеристическим методом//Известия НАН РК. – 2015.–№3(301).–С.145–154.

[9] Hadwin P., Galindo G., Daun K., Zañartu M, Erath B., Cataldo E., Peterson S. Non-stationary Bayesian estimation of parameters from a body cover model of the vocal folds//J. Acoust Soc Am. – 2016 May. – 139(5):2683. doi: 10.1121/1.4948755.

[10] Kochaev A.L., Brazhe R.A. Mathematical modeling of elastic wave propagation in crystals: 3d-wave surfaces//Acta mechanika, 2011. – Vol.- 222 № 1-2.–P.193-198.

[11] Parvanova S., Dineva P., Manolis George D. Elastic wave fields in a half-plane with free-surface relief, tunnels and multiple buried inclusions// Acta Mechanica. – 2014.– Vol.225.–P.1843–1865.

[12] Lys E.V., Romenski E.I., Cheverda V. A., Epov M. I. Interaction of seismic waves with zones of concentration of initial stresses // Doklady Earth Sciences. - 2013.–Vol.449 (2).– P. 402-405.

[13] Lesan D., Scalia A. On the deformation of or thotropic Cosserat elastic cylinders // Mathematics and Mechanics of Solids, 2011.–Vol. 16(2).–P.177–199.

[14] Israilov M.Sh. Reduction of Boundary Value Problems of Dynamic Elasticity to Scalar Problems for Wave Potentials in Curvilinear Coordinates // Mechanics of Solids. – 2014.–Vol.46, №1.–P.104-108.

[15] Yi-chao Chen. On the dynamic behavior of a class of Cauchy elastic materials// Mathematics and Mechanics of Solids. – 2016.–Vol16(5).– P.563–569.

[16] Dan Sun, Song-Nan Luo The wave propagation and dynamic response of rectangular functionally graded material plates with completed clamped supports under impulse loadoriginal Research Article// European Journal of Mechanics-A/Solids. – 2015.–Vol.30, №3.–P.396–408.

[17] Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Shomanbayeva M. Influence of heterogeneity of nature of border fixing on the propagation of two-dimensional waves// AIP Conference Proceedings. – 2015.–Vol. 1676, 020067, DOI: http://dx.doi.org/10.1063/1.4930493.

[18] Kukudzhanov K.V. Study of failure of layered plates made of composities under impact contact loading // Mechanics of Solids. – 2009.–Vol.44, №1.–P.158–164.

[19] Lesan D., Scalia A. On the deformation of or thotropic Cosserat elastic cylinders // Mathematics and Mechanics of Solids, 2011.–Vol. 16(2).–P.177–199.

[20] Israilov M.Sh. Reduction of Boundary Value Problems of Dynamic Elasticity to Scalar Problems for Wave Potentials in Curvilinear Coordinates // Mechanics of Solids. – 2014.–Vol.46, №1.–P.104-108.

[21] Yi-chao Chen. On the dynamic behavior of a class of Cauchy elastic materials// Mathematics and Mechanics of Solids. – 2016.–Vol16(5).– P.563–569.

[22] Dan Sun, Song-Nan Luo The wave propagation and dynamic response of rectangular functionally graded material plates with completed clamped supports under impulse loadoriginal Research Article// European Journal of Mechanics-A/Solids. – 2015.–Vol.30, №3.–P.396–408.

[23] Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Shomanbayeva M. Influence of heterogeneity of nature of border fixing on the propagation of two-dimensional waves// AIP Conference Proceedings. – 2015.–Vol. 1676, 020067, DOI: http://dx.doi.org/10.1063/1.4930493.

[24] Kukudzhanov K.V. Study of failure of layered plates made of composities under impact contact loading // Mechanics of Solids. – 2009.–Vol.44, №1.–P.158–164.

Аширбаев Н.К., Аширбаева Ж.Н., Сұлтанбек Т.С., Абжапбаров А., Алтынбеков Ш.Е.

Серпімді біртіректі конструкциядағы стационар емес кернеулік толқындардың таралу ерекшеліктері

Түйіндеме. Жұмыста сызықты жағдайда тұжырымдалған тіктөртбұрышты серпімді біртіректі конструкциядағы стационар емес кернеулік толқындардың таралу есебі қарастырылған. Кернеулер мен жылдамдықтар терминінде қойылған аралас есеп айқын айырымдық схема, атап айтқанда сандық кеңістіктік сипаттамалар әдісімен шешілген. Толқындық процесс тіктөртбұрышты дененің беттік шекаралық нүктелерінде сырттай динамикалық күштің берілуінен пайда болады, ал дененің бүйір қабырғаларында кернеулік нөлге тең. Тіктөртбұрышты дененің төменгі шекаралық нүктелерінде біртекті емес шекаралық шарттар қойылған, яғни төменгі жақтың орта бөлігі қатаң бекітілген, ал оның бүйір бөліктерінде кернеулік нөлге тең. Дененің шекаралық шарттарындағы үзілісті нүктелерінің маңайында динамикалық толқындардың концентрациясы зерттелген.

Түйін сөздер: жылдамдық, кернеу, күш, үзіліс,жазық деформация, кернеулік концентрация.

ОӘЖ 65.011.56

M. Adambaev , A.Bizhanova, Zh. Zhulaeva

(Kazakh Academy of transport and communications to them.Named after M. Tynyshpaev, Almaty, Kazakhstan)

SYNTHESIS OF AN AUTONOMOUS TWO-STAGE AUTOMATED CONTROL SYSTEM TWO-STAGE DRY GRINDING PROCESS

Abstract. This article discusses the synthesis of an Autonomous two-stage automated control system (ARS) for the two-stage dry grinding process. The reduced transfer matrix of control objects is recorded. The article shows that enabling the selected compensating link will immediately improve the nature of the transition process.

Keywords: Compensating connections, automated regulators, transfer functions, matrix block diagrams of automated control systems, matrix links, crushing chamber, separator circuit.

М.Д. Адамбаев, А.С. Бижанова, Ж.Т Джулаева
(М.Тынышбаев атындағы Қазақ көлік коммуникациялар академиясы,
Алматы, Қазақстан)

ЕКІ САТЫЛЫ ҚҰРҒАҚ ҰНТАҚТАУ ҮРДІСІНІҢ АВТОНОМДЫ ЕКІ САТЫЛЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІН (АРЖ) СИНТЕЗДЕУ

Түйіндеме. Бұл мақалада екі сатылы құрғақ ұнтақтау үрдісінің автономды екі сатылы автоматтандырылған реттеу жүйесін (АРЖ) синтездеуі қарастырылды. Реттеу нысандарының келтірілген беріліс матрицасы жазылды. Мақалада сипатталған таңдалынған компенсациялаушы байланысты қосу өтпелі үрдіс сипатын бірден жақсартатыны көрсетілді.

Түйін сөздер: Компенсациялаушы байланыстар, автоматтандырылған реттегіш, беріліс функциялары, автоматтандырылған реттеу жүйелерінің матрицалық құрылымдық сұлбасы, матрицалық буындар, ұнтақтау камерасы, сепараторлық контур.

Кіріспе.

Байланыстарды орнату әдісін таңдау олардың техникалық іске асырылу мүмкіндігімен анықталады, яғни ең аз шығынмен компенсациялаушы байланыстарды қосу мүмкіндігімен. Бұл мағынада компенсациялаушы байланыстарды бір реттегіштің кірісінен басқа реттегіш шығысына қосу нұсқасы (біздің жағдай үшін) ең дұрыс болып табылады. Ол келесі себептермен шартталған [1]:

1. Компенсациялаушы байланыстардың тікелей қосылуы таңдалады, өйткені табиғи байланыстар кері болып табылады;
2. Екібайланысты АРЖ-де қабылданған РПИБ-Т түріндегі электронды реттегіштер олардың кірісіндегі (арнайы қысқыштары бар өлшеуіш блоктан) тек ауытқу сигналын алуға және компенсациялаушы құрылғыны қосуға мүмкіндік береді. Шығыс сигнал да оңай реттеледі және қосылады;
3. Қосымша кабельдерді орнатуды қажет етпейді (бұл басқа нұсқаларды қолданғанда қажет), өйткені жүйе реттегіштері жанындағы қалқанда орнатылған;
4. Компенсациялаушы байланыстарды баптау ыңғайлылығы.

Орнатылған компенсациялаушы байланыстары бар екібайланысты АРЖ-ң кеңейтілген құрылымдық сұлбасы 1,а-суретте берілген, ал тапсырмалық $\overline{X}_з$ және қобалжытушы $\overline{f}$ әсерлер бойынша автономдылықты қамтамасыздандыру үшін компенсациялық байланыстардың беріліс функциясын анықтауға 1,б-суретте матрицалық сұлба берілген [1].

1,б-суретінде келесі белгілеулер қабылданды: **W_0 , П, Wр, К** – сәйкесінше нысандар, қиылысушы байланыстар, реттегіштер және компенсациялаушы байланыстар матрицасы:

$W_э$,Р – сәйкесінше нысандар, реттегіштердің келтірілген (эквивалент) матрицалары;

В,З – сәйкесінше қобалжытушы және тапсырушы әсерлердің түрлендіруші матрицалары;

$\overline{x}, \overline{y}, \overline{f}$ - сәйкесінше тапсырушы әсерлер, шығыс шамалар және қобалжытушы әсерлер матрицасы.

Алдымызда қажет болатын матрицалық құрылымдық сұлбаларды түрлендіру ережелерін келтіреміз [1, 2]:

- матрицалық буындарды тізбектей жалғаған уақытта эквивалентті беріліс функция мынаған тең:

$$W_э = W_n \cdot W_{n-1} \ldots . W_1 \quad (1)$$

- матрицалық буындарды параллель-бағыттас жалғағанда мынаны аламыз:

$$W_э = W_1 + W_2 + \ldots + W_n \quad (2)$$

- матрицалық буындарды параллель-қарсы жалғағанда мынаны аламыз:

$$W_э = (E - W \cdot П)^{-1} \cdot W \quad (3)$$

мұндағы $W_{1...}$, W_n – мартрицалық буынның беріліс матрицалары; $W_э$ – буындарды қосудың эквивалент беріліс матрицасы; Е – бірлік матрица; W- тура арна буынының беріліс матрицасы; П - кері арна буынының беріліс матрицасы.

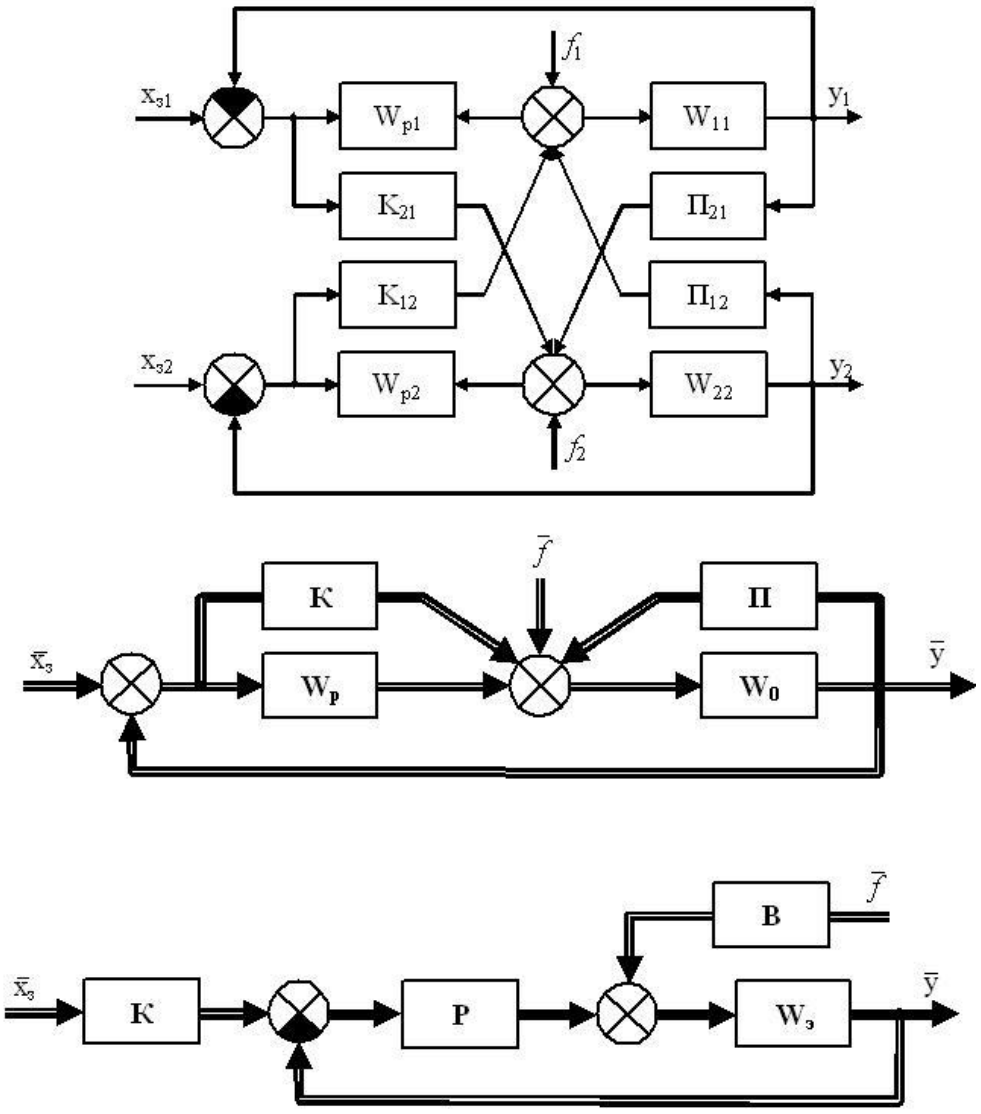
1,б-суретте келтірілген екібайланысты АРЖ матрицалық құрылымдық сұлбасы тура және кері байланыстарға ие. $W_э$ нысандары мен Р реттегіштердің келтірілген матрицасын алу үшін жаңа белгілеулерде келесі түрге келетін (2) және (3) қатынастарын қолданамыз:

$$W_э=(E-W_0П)^{-1} \cdot W_0;\ \ P=W_p+K,$$

мұндағы

$$W_0 = \begin{Vmatrix} W_{II} & O \\ O & W_{22} \end{Vmatrix};\qquad W_0 = \begin{Vmatrix} W_{pI} & O \\ O & W_{p2} \end{Vmatrix};$$

$$П = \begin{Vmatrix} O & П_{12} \\ П_{21} & O \end{Vmatrix};\qquad K = \begin{Vmatrix} O & K_{12} \\ K_{21} & O \end{Vmatrix}.$$



1-сурет. Екібайланысты АРЖ құрылымдық сұлбалары
(а - кеңейтілген, б- матрицалық, в - келтірілген).

Реттеу нысандарының келтірілген беріліс матрицасы мынаған тең (3):

$$W_э = \left\| \begin{matrix} \dfrac{W_П}{1 - W_П \cdot W_{22} \cdot П_{12} \cdot П_{21}} & \dfrac{W_{22} \cdot W_П \cdot П_{12}}{1 - W_П \cdot W_{22} \cdot П_{12} \cdot П_{21}} \\ \dfrac{W_П \cdot W_{22} \cdot П_{21}}{1 - W_П \cdot W_{22} \cdot П_{12} \cdot П_{21}} & \dfrac{W_{22}}{1 - W_П \cdot W_{22} \cdot П_{12} \cdot П_{21}} \end{matrix} \right\|.$$

Реттегіштердің келтірілген беріліс матрицасы мынаған тең (2):

$$P = \left\| \begin{matrix} W_{pI} & K_{12} \\ K_{21} & W_{p2} \end{matrix} \right\|.$$

Сонда екібайланысты АРЖ келтірілген матрицалық құрылымдық сұлбасы 1,в-суретте көрсетілген түрге келеді.

Сигналдардың балансы шартынан (1,а-суретте) екібайланысты АРЖ-ң $W_э \cdot P$ – беріліс матрицасын анықтаймыз:

$$W_3 \cdot P = \left| \begin{matrix} \dfrac{W_{11}\left(W_{p1} + K_{21} W_{22} П_{12}\right)}{1 - W_{11} W_{22} П_{12} П_{21}} & \dfrac{\left(K_{12} + W_{p2} W_{22} П_{12}\right)}{1 - W_{11} W_{22} П_{12} П_{21}} \\ \dfrac{W_{22}\left(K_{21} + W_{p1} W_{11} П_{21}\right)}{1 - W_{11} W_{22} П_{12} П_{21}} & \dfrac{W_{22}\left(K_{21} + W_{p1} W_{11} П_{21}\right)}{1 - W_{11} W_{22} П_{12} П_{21}} \end{matrix} \right| \quad (4)$$

Қобалжытушы және тапсырушы әсерлер бойынша тұйық КРЖ беріліс матрицалары (қабылданған белгілер үшін) келесі қатынастардан анықталатыны белгілі [98]:

$$A_f = W_э \left[P\left(C - A_f\right) + B \right], \quad (5)$$

$$A_{хз} = W_э \cdot P\left(З - A_{хз}\right), \quad (6)$$

мұндағы **C** - жүктеме бойынша реттеу арнасының беріліс матрицасы, біздің жағдай үшін **C** = 0, өйткені мұндай арна жоқ. Егер әр сепараторлық жүйе үшін тек өзінің тапсырушы мен қобалжытушы әсерлері әсер етуін ескерсек, **З** мен **В** матрицалары диагональ болады, онда тапсырушы әсерлер бойынша автономдық қасиеттерге ие болу үшін матрица келесі түрге келеді:

$$\chi_{хз} = \left\| \begin{matrix} x_П & O \\ O & x_{22} \end{matrix} \right\|. \quad (7)$$

(6) өрнегін ескере отыра (4) мен (7) матрицаларын В=Е болғанда салыстырып, яғни тұрақты тапсырмаға ие (бірлік матрица) тұрақтандыру жүйесі жағдайы үшін, (4) және (7) матрицалары элементтерін байланыстыратын төрт теңдеуді жазуға болады:

$$\left.\begin{aligned} X_{II} &= \frac{W_{II}\left(W_{pi}+K_{21}^{x}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\right)\left(1-x_{II}\right)}{1-W_{II}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\cdot \Pi_{21}};\\ O &= \frac{W_{II}\left(\mathrm{K}_{12}^{x}+W_{22}\cdot W_{p2}\Pi_{12}\right)\left(1-X_{22}\right)}{1-W_{II}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\cdot \Pi_{21}};\\ O &= \frac{W_{22}\left(K_{21}^{x}+W_{II}\cdot W_{p1}\cdot \Pi_{21}\right)\left(1-x_{II}\right)}{1-W_{II}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\cdot \Pi_{21}};\\ X_{22} &= \frac{W_{22}\left(W_{p2}+K_{12}^{x}\cdot W_{II}\cdot \Pi_{21}\right)\left(1-X_{22}\right)}{1-W_{II}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\cdot \Pi_{21}}. \end{aligned}\right\} \quad (8)$$

(4.16)-ң екінші теңдеуін анализдеу арқылы мына өрнекті жазуға болады:

$$K_{12}^{x}+W_{22}\cdot W_{p2}\cdot \Pi_{12}=0,$$

бұдан

$$\mathrm{K}_{12}^{x}=-W_{22}\cdot W_{p2}\cdot \Pi_{12} \quad (9)$$

Осы секілді үшінші теңдеуден мынаны аламыз:

$$\mathrm{K}_{21}^{x}=-W_{11}\cdot W_{p1}\cdot \Pi_{21} \quad (10)$$

мұндағы K_{12}^{x} және K_{21}^{x} – тапсырушы әсерлер бойынша компенсациялаушы байланыстардың беріліс йункциялары.

Екібайланысты АРЖ қобалжытушы әсерлер бойынша автономды болуы үшін қобалжытушы әсерлер беріліс матрицасына диагональдік шарты орындалады:

$$A_f=\begin{Vmatrix} A_{II} & O\\ O & A_{22}\end{Vmatrix}. \quad (11)$$

B=E және C=0 шарты үшін 4.13 өрнегі былай қайта жазылады:

$$A=W_э[-PA_f+1]=W_э\,[1-PA_f] \quad (12)$$

Сонда, (12) өрнегін ескере отыра (8) мен (11) матрицаларын салыстырып, (4) және (11) матрицалары элементтерін байланыстырушы төрт теңдеуді жазамыз:

$$\left.\begin{aligned} \mathrm{A}_{II} &= \frac{W_{II}}{Д}\left[1-\left(W_{p1}+\mathrm{K}_{21}^{f}\cdot W_{22}\cdot \Pi_{12}\right)A_{II}\right];\\ O &= \frac{W_{II}}{Д}[W_{22}\cdot \Pi_{12}-\left(\mathrm{K}_{12}^{f}+W_{22}\cdot W_{p2}\cdot \Pi_{12}\right)\cdot A_{22}];\\ O &= \frac{W_{22}}{Д}\left[W_{II}\cdot \Pi_{21}-\left(\mathrm{K}_{21}^{f}+W_{II}\cdot W_{pi}\cdot \Pi_{21}\right)\cdot \mathrm{A}_{II}\right];\\ \mathrm{A}_{22} &= \frac{W_{22}}{Д}[1-\left(W_{p2}+K_{12}^{f}\cdot W_{II}\cdot \Pi_{21}\right)\cdot \mathrm{A}_{22}]; \end{aligned}\right\} \quad (13)$$

$$(Д=1-W_{II} \cdot W_{22} \cdot П_{12} \cdot П_{21})$$

(13)-ң үшінші теңдеуінен

$$A_{II} = \frac{W_{II} \cdot \Pi_{21}}{K_{21}^{f} + W_{II} \cdot W_{p1} \cdot \Pi_{21}}$$

алуға болады және алынған қатынасты (13)-ң бірінші теңдеуіне қойып және оны K_{21}^{f} ізделетін айнымалысына қатысты шеше отырып, мынаны аламыз:

$$K_{21}^{f} = \Pi_{21}.$$

Осы секілді мынаны аламыз:

$$K_{12}^{f} = П_{12}.$$

Қарастырылатын екібайланысты АРЖ абсолют автономдылық шарты $K_{12}^{x}, K_{21}^{x}, K_{12}^{f}, K_{21}^{f}$ алынған мәндер үшін орындалатынын дәлелдеуге болады.

Жүйенің кез-келген нүктесінде сигналдар балансы әдісімен компенсациялаушы байланыстардың алынған мәндерін тексерейік, мысалы, μ нүктесінде (1,а-сурет). Автономдылық шарттары бойынша таңдалған қосылған компенсациялаушы байланыстар кезінде бір сепараторлық жүйеге қобалжуларды орналастыру жүйенің кез-келген нүктесінде барлық сигналдар қосындысының нольге теңдігін береді және бұл кезде басқа сепараторлық жүйелердің басты теріс кері байланыстары фжыратылған деп қабылданады [3]. Тапсырушы әсерлерге дейін автономдылықты қамтамасыздандыратын компенсациялаушы байланыстардың беріліс функцияларын табу үшін $x_{з2}=f_1=f_2=0$ деп алайық, сонда μ нүктесінде K_{21} компенсациялаушы байланыс арнасы мен $П_{21}$ қиылысушы байланысы тізбектей қосылуы бар бірінші тұйық контур әсерлерімен анықталатын $x_{з1}$ әсерінен екі сигнал әсер етеді, яғни мынаны аламыз:

$$x_{з1} \cdot K_{21}^{x} + x_{з1} \cdot \frac{W_{p1} \cdot W_{II}}{1 + W_{p1} \cdot W_{II}} \cdot П_{21} = 0,$$

немесе

$$x_{p1}\left(K_{21}^{x} + \frac{W_{p1} \cdot W_{II}}{1 + W_{p1} \cdot W_{II}} \cdot \Pi_{21} \right) = 0,$$

бұдан мынаны аламыз:

$$K_{21}^{x} = -W_{p1} \cdot W_{II} \cdot П_{21}.$$

Осы секілді $x_{з1}=f_1=f_2=0$ шарты үшін келесіні табамыз:

$$K_{12}^{x} = -W_{p2} \cdot W_{22} \cdot П_{12}.$$

Қобалжытушы әсерлер бойынша компенсациялаушы байланыстарды анықтау үшін $x_{з1}=x_{з2}=f_2=0$ деп алайық және қиылысушы мен оның компенсациялаушы байланыстары кері фазада қосылуын ескере отырып, μ нүктесі үшін мына қатынасты аламыз:

$$f_1 \cdot W_{11} \cdot \Pi_{21} - f_1 \cdot W_{II} \cdot K_{21}^{f} = 0$$

немесе

$$K_{21}^{f} = \Pi_{21}.$$

Осы секілді $x_{з1}=x_{з2}=f_1=0$ шарты үшін мынаны анықтаймыз:

$$K_{12}^{f}=\Pi_{12}.$$

Екі әдіспен алынған компенсациялаушы байланыстар беріліс функцияларының мәндері болып шықты, ол олардың дұрыстығын дәлелдейді [1-3].

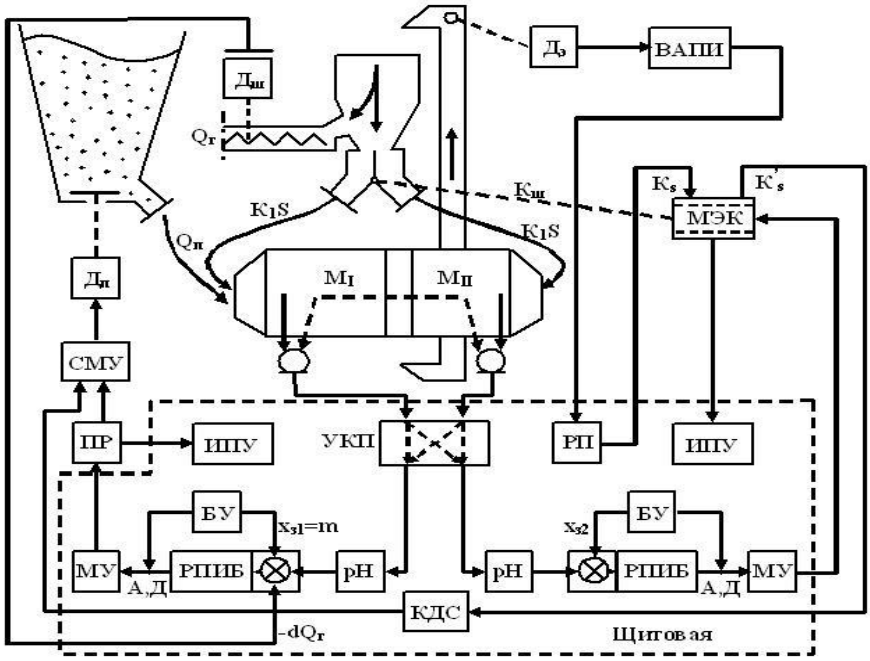
$K_{12}^{x},K_{21}^{x},K_{21}^{f},K_{12}^{f}$ табылған компенсациялаушы байланыстардың тек соңғысы бізді қызықтырады (жоғарыда көрсетілген себептер бойынша). Ол екінші сепараторлық жүйеден біріншісіне күшті қиылысушы байланыстың әсерін компенсациялай алады және бірінші контур жұмысын жақсартады. Осы компенсациялаушы байланыс беріліс функциясы қиылысушы технологиялық байланыс беріліс функциясына, яғни кіші ұнтақтау камерасы шығысынан элеватор-сепаратор-шибер-өткізгіш құбыр ірі ұнтақтау камерасы кірісіне дейінгі жолға тең. Осы қиылысушы байланыс арнасы мына беріліс функциямен өрнектеледі:

$$\Pi_{12}(p)=W_c^s(p)\cdot W_ш^I(p)\cdot W_э(p)=K_S\cdot K_ш^I\cdot e^{-p\tau_\Sigma} \qquad (14)$$

(τ_Σ - екінші камерада, элеваторда, сепараторда, өткізуші құбырда кешігуді ескереді).

(14) өрнегін анализдейік. K_S коэффициенті уақыт бойынша өзгеретін айналмалы жүктеме шамасын сипаттайды, ал $K_ш^I$ коэффициенті тек ірі ұнтақтау камерасына түсетін айналмалы жүктеме таралуының қатынасын сипаттайды және екінші басқару контуры жұмысымен анықталатын шибер жағдайына тәуелді. $e^{-p\tau_\Sigma}$ буыны транспорттық кешігу шамасын анықтайды. Осылайша K_S және $K_ш^I$ коэффициенттері айнымалы болып шықты. $K_S^I=K_S\cdot K_ш^I$ деп белгілейік.

K_S^I-ді алу үшін техникалық іске асыру келесіге алып келеді. Қалақшалы элеватор мен айналмалы жүктеме шамасы арасында үлкен корреляциялық бар екенін ескеріп ($S=f(э)$, $r = 0{,}96$), элеватор жүктемесі бойынша айналмалы жүктемені қадағалаймыз. Бұл сигнал диірменнің қосынды жүктемесін қадағалау сұлбасынан алынады және шибермен берік қосылған МЭК-10Б орындаушы механизм дифференция-трансформаторлық датчигінің біріншілік орамына беріледі. Сонда кинематикалық сұлба (жұдырықша) арқылы МЭК-10Б датчигі плунжері жағдайы шибер жағдайымен анықталады. Екінші орамнан алынған сигнал K_S^I коэффициентіне пропорционал. Шынымен де, айналмалы жүктеменің өзгеруі біріншілік орамдағы шаманы анықтайды, ал шибер жағдайының өзгеруі датчик плунжерінің орналасуын анықтайды. Осы екі сигналдардың әсері датчиктің екіншілік орамында ірі ұнтақтау камерасына бағытталған айналмалы жүктеме ағысына пропорционал сигнал береді. Осылайша алынған сигналды $e^{-p\tau_\Sigma}$ беріліс функциялы кешігу буыны арқылы өткізіп, бастапқы кеннің табақшалы қамтығышын қозғалтқыш арқылы әсер ететін күштік магниттік күшейткіш басқаруының екінші орамына қосылатын ізделген түзетуші сигналды аламыз. Осылай қосылу бірінші сепараторлық контур динамикасы әсерінің қателігін минимумға келтіреді. $e^{-p\tau_\Sigma}$ буыны апериодикалық буындардың тізбектей қосылуымен аппроксимацияланады, ол практикалық мақсатта жткілікті дәл кешігуді береді [4] және КДС түріндегі аспап қолданылады – динамикалық байланыс қабығы. Арнайы кешігу блоктарын (мысалы, БПЗ-2М) қолдану мәселенің ең дұрыс шешімі болар еді, бірақ бұл аспаптар 25 с дейінгі кешігуге есептелген, ал біздің жағдайда $\tau_\Sigma = 200c$. Екібайланыс АРЖ толық блок-сұлбасы 2-суретте көрсетілген түрге келеді.



2-сурет - Екібайланысты АРЖ толық блок-сұлбасы (Екі камералы диірмендерді камералар бойынша жүктемені басқару әдісі және оны іске асыру құрылғысы. №551048, КСРО,ҚР № 1255 Авт. куәлігі)

ЭЕМ-де модельдеу нәтижелері көрсеткендей компенсациялаушы байланыс жоқ болғанда, бірінші сепаратор контуры шығысындағы өтпелі үрдіс сатылар арасында айналмалы жүктемені таратуда қобалжулардың қайталанбалы өзгеруінде үлкен амплитудалы тербеліс сипатына ие, яғни ірі ұнтақтау камерасы жүктеме деңгейін тұрақтау үрдісі өте қанағатсыздандырлық өтеді. Таңдалған компенсациялаушы байланысты қосу өтпелі үрдіс сипатын бірден жақсартады. Осындай нәтиже өндірістік жағдайда екібайланысты АРЖ-н сынауда алынды.

ӘДЕБИЕТ

[1] Адамбаев М.Д. Повышение эффективности процесса сухого измельчания. Идентификация и автоматизация. Saarbucken, Deutshland/Германия:LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014, - 237 с.

[2] Адамбаев М.Д. Определение динамической структуры и параметров промышленных объектов управления: Научное издание (монография). – Алматы: «TST – Company», 2010 – 259 с.

[3] Балакиров В.С., Дудников Е.Т., Цирлин А.М. Экспериментальное определение динамических характеристик промышленных объектов управления. - М.: Энергия, 1987-232с.

[4] Адамбаев М.Д. Автоматическое управление процессами сухой рудоподготовки. Монография. – Алматы: Комплекс, 2013 – 163 с.

Адамбаев М.Д., Бижанова А.С., Джулаева Ж.Т.

Синтез автономной двухступенчатой автоматизированной системы регулирования (арс) процесса двухступенчатого сухого помола

Аннотация. В данной статье рассматривается синтез автономной двухступенчатой автоматизированной системы регулирования (АРС) процесса двухступенчатого сухого измельчения. Записана приведенная передаточная матрица объектов регулирования. В статье показано, что включение выбранной компенсирующей связи сразу улучшит характер переходного процесса.

Ключевые слова: Компенсирующие связи, автоматизированные регуляторы, передаточные функции, матричные структурные схемы автоматизированных систем регулирования, матричные звенья, дробильная камера, сепараторный контур.

ӘОЖ 004.02

Zh.B. Kadirova, Zh.M. Tashenova, A.A. Chekeev
(Eurasian National University named after L.N. Gumilyov, Nursultan, Kazakhstan
ardak_janar@mail.ru, zhuldyz_tm@mail.ru, asyl.ch.top@mail.ru)

ANALYSIS OF MATHEMATICAL METHODS FOR DEVELOPING A MODEL FOR DETERMINING SOIL MOISTURE

Annotation. The types of numerical methods are examined, as well as their disadvantages and advantages, including the finite element method, in which you can get the result with accuracy. The stages of the finite element method are considered

When determining the strength of the soil through the level of water absorption and with any efforts in the soil, new processes are formed that impede the operation of the structures, destroying their original position. The applied methods are provided to prevent these processes,

Keywords: humidity, final elements, stiffness matrix, soil, mathematical model.

Кадирова Ж.Б., Ташенова Ж.М., Чекеев А.А.
(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия Ұлттық университеті
Нұрсұлтан, Қазақстан
ardak_janar@mail.ru, zhuldyz_tm@mail.ru, asyl.ch.top@mail.ru)

ТОПЫРАҚТЫҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУДЫҢ МОДЕЛІН ҚҰРУДА МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ТАЛДАУ

Түйіндеме. Сандық әдістердің түрлерін талқыланып, оның кемшіліктері мен артықшылықтарын саралап, соның ішінде топырақтың ылғалдыдығын анықтауда нақты дәлдікпен нәтиже алуға болатын шектік элемент әдісі қарастырылған. Шектік элемент әдісінің орындалу этаптары келтірілген.

Топырақтың суды сіңіру деңгейі арқылы оның беріктігін анықтауда және топыраққа қандайда бір күш түскен жағдайда олардың бастапқы қалпы бұзылып, құрылымдардың жұмысын қиындататын жаңа процестер пайда болады. Сол процестердің алдын алу және болдырмау үшін қолданылатын сандық әдістер қарастыралған.

Түйінді сөздер: ылғалдылық, шекті элемент, қатаңдық матрицасы, топырақ, математикалық модель.

Кіріспе

Топырақтағы ылғалдық құрамы сыртқы орта жағдайымен, сонымен қатар топырақтың кеуектілігінің мөлшері мен табиғаты, құрылымдық және текстуралық ерекшеліктерімен анықталатын функционалды сипаттама.

Топырақтағы тесіктер мен жарықтардың болуы және олардың әртүрлі сұйықтықтар мен газдармен толтырылу мүмкіндігі бар. Көбінесе топырақтар сумен қаныққан болуы мүмкін және оларда су әртүрлі түрде кездеседі [1].

Топыраққа қандайда бір күш түскен жағдайда, ол күрделі процестермен қатар жүретіні белгілі. Күш түскен жағдайда олардың бастапқы қалыпы бұзылып, құрылымдардың жұмысын қиындататын жаңа процестер пайда болады. Негіздік топырақты қате бағалау көбінесе құрылымдық апаттардың себебі болып табылады, сондықтан топырақтың беріктігі мен деформациялық қасиеттерін дұрыс бағалау ғана емес, сонымен қатар кейбір жағдайларда топырақтың құрылыс қасиеттерін жақсарту тәсілдерін жасау қажет [2].

Материалдар мен тәсілдер

Топырақтың ылғалдылығын зерттеу тәжірибелік және теориялық (аналитикалық және сандық әдістер) екі нұсқада жүргізіледі. Тәжірибелік зерттеулер дәлірек, нақты сипатқа ие. Деформация және сыну процестерінің жалпы физикалық принциптерін теориялық қолдану.

Эксперименталды зерттеулер табиғи зерттеулерге және тау жыныстарын зертханалық зерттеуге негізделген, теориялық негізде деформация және сыну процестерінің жалпы физикалық принциптері қолданылады. Кешенді тәсіл ең тиімдісі болып табылады [4].

Қазіргі таңда математикалық (сандық) модельдеудің бірнеше әдістері қолданылады: соңғы айырмашылық әдісі (САӘ), шекті элементтер әдісі (ШЭӘ), шекаралық элементтер әдісі (ШЭӘ), шекті элементтер әдісі және шекаралық элементтер әдісінің гибридтері (ШГЭӘ) және дискретті элементтер (ДЭӘ) [Ламонина, 2006] әдісі.

Соңғы айырмашылық әдісі - дифференциалдық теңдеулерді шешудің сандық әдісі, туынды айырымдық схемалармен ауыстыруға негізделген, тор әдісі болып табылады. Әдістің басты мәселесі дұрыс айырымдық схеманы құру болып табылады, ол шешімге келеді. Схеманы құру бастапқы дифференциалдық оператордың қасиеттеріне сүйене отырып орындалады.

Дискретті элемент әдісі - бұл молекулалар, гравий, малтатас және басқа түйіршіктелген орта сияқты бөлшектердің көп санының қозғалысын есептеуге арналған сандық әдістер жиынтығы. Бұл әдістің негізгі кемшілігі ЭЕМ есептеу ресурстарына жоғары талап қою болып табылады, бұл өз кезегінде модельдеу ауқымын шектейді.

Шекті элементтер әдісі - жеке туындысы бар дифференциалдық теңдеулерді, сондай-ақ қолданбалы физика есептерін шешу кезінде туындайтын интегралдық теңдеулерді шешудің сандық әдісі. Әдіс деформацияланатын қатты дене механикасы, жылу алмасу, гидродинамика және электродинамика есептерін шешу үшін кеңінен қолданылады. ШЭӘ есептік аймақ тұтастығының бұзылуын сандық үлгілеуді жүргізуге мүмкіндік береді (қырқалар мен жоталардағы көшкіндер, тау аралық беткейдегі жолдар, таулардағы тунельдік жолдар, шахталар, күшті жер сілкінісіне төтейтін сейсмоберік құрылыстар және т.б.).

Шекаралық элемент әдісі (потенциал әдісі, шекаралық интегралды теңдеулер әдісі) — шеттік есепті шешу әдісі, онда Грин формулаларын пайдалану арқасында ол есептік аймақ шекарасындағы интегралды теңестіруге келтіреді.

Шекаралық элемент әдісі кемшіліктерінен оның күрделілігін, шектік элементтер әдісімен салыстырғанда және сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесінің нәтижелік матрицасының толықтығын бөліп көрсетуге болады.

Біздің көзқарасымызша, шекті элементтер әдісі топырақтың беріктігі мен су сіңіру деңгейін анықтап модельдеу үшін ең қолайлы сандық әдіс болып табылады.

Шеткі элемент әдісі күрделі пішіндер құрылымын жобалау есептерін шешудің ең танымал сандық әдісі болып табылады [5].

ШЭӘ, дифференциалды формадағы серпімділік теориясының есептерін шығарудан және шешуден айырмашылығы, вариациялардың есебі деп аталатын математикалық аппараттың принциптеріне негізделген.

Шекті элементтер әдісінің негізгі теңдеуі:

$$[\mathrm{R}] * \{\mathrm{U}\} = \{\mathrm{F}\} + \{\mathrm{P}\} \quad (1)$$

мұндағы $[R]$ – қатаңдық матрицасы жүйесі;

$\{U\}$ – түйіндік нүктелердің ығысу векторы;

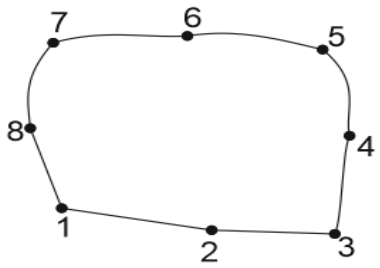
$\{F\}$ – белгілі сыртқы немесе көлемдік күш векторлары;

{P} – гравитациялық күш векторы.

Бұл аумақты элементтерге бөлу арқылы жүзеге асырылады, бұл мәні бойынша мәселені шешудің бір бөлігін құрайтын, әр түрлі сыртқы жағдайларда процестер зерттелетін үздіксіз ортада қарастырған кезде қажет болатын интегралды-дифференциалды есептеу аппаратын алмастырады, күрделі дифференциалдық теңдеулерді шекті элемент әдісімен шешуге болады. Шындығында, ШЭӘ дифференциалдық теңдеулерді шешуге мүмкіндік береді, оларды сызықтық алгебралық теңдеулер жүйесімен алмастырады, бұл бір жағынан, шешім табуды жеңілдетеді, сонымен қатар кез-келген қиын есептерді шешуге мүмкіндік береді.

Қолданылатын шекті элементтердің түрлерін таңдау есептеу тиімділігіне әсер ететін маңызды қадам болып табылады. Екі өлшемді есепті идеалдаудың қарапайым түрі - шыңдарда орналасқан түйіндері бар үшбұрыштарды қолдану. Элементпен байланысты еркіндік дәрежелерінің саны өскен сайын, берілген дәлдікке жету үшін жүйенің жалпы еркіндік дәрежелері азаяды. Алайда, күрделі элементтерді қолданған кезде элементтердің тығыздық матрицаларын есептеу уақыты артады және тепе-теңдік теңдеулер жүйесі матрицасының таспасының ені артады, бұл есептеу уақытының ұлғаюына да әкеледі. Бірқатар зерттеулер есептеулерде күрделі элементтерді қолданудың тиімділігін көрсетеді [6].

Екінші ретті сегіз түйінімен изопараметрлік төртбұрышты шекті элементтің жалпы түрі суретте көрсетілген.



1-сурет. Екінші ретті изопараметрлік төртбұрышты шекті элементтің еркін формасының жалпы түрі

Екінші ретті сегіз түйінді изопараметрлік төртбұрыш еркін түрге ие және онымен зерттелетін аймақтың геометриясын модельдеу өте ыңғайлы болады.

ШЭӘ-де зерттелетін аймақ жекелеген бөліктерге өзара түйіндермен байланысатын соңғы элементтерге оймен бөле отырып, бір-бірімен байланысқан және негізге бекітілген шекті элементтердің комбинациясы шекті элементтер схемасы немесе шекті элементтер моделі деп аталатын есептеу схемасы құрылады.

Әрбір жеке шекті элемент жеткілікті қарапайым болуы керек, сондықтан түйіндердің орын ауыстыруынан оның кез-келген бөлігіндегі орын ауыстырулар мен кернеулерді оңай анықтауға болады. Элемент түйіндерінің орын ауыстыруы мен оларға әсер ететін күштер арасындағы байланыс элементтің қатаңдық матрицасын қолдану арқылы көрсетілген. Берілген элементтің орнын анықтайтын элемент түйіндерінің қозғалу саны элементтің еркіндік дәрежесінің саны.

Бірінші кезең, геометриялық модельдеу есептеу нәтижелеріне айтарлықтай әсер етеді. Барлық параметрлерді ескере отырып, ЭЕМ үшін қолайлы құрылым моделінің геометриясын құрылады. Бұл кезеңде құрылымның геометриялық параметрлерін енгізумен қатар, физикалық қасиеттері нақтыланады.

Шекті элементтер торын құру кезеңінде зерттелетін объектінің әр түрлі типтегі элементтерді қолданудың орындылығы нақтыланады.

Шекаралық жағдайларды модельдеу кезеңінде белсенді күштердің әрекеті де, қатынастар жүйесіне жүктелгендер де ескеріледі. Күш факторларын қолдану қарастырылатын жұмыс режимдеріндегі құрылымның нақты жұмысының ерекшеліктерін ескеруі керек.

Тепе-теңдіктер жүйесінің сандық шешімі ақпараттық технологиялар көмегімен арнайы түрде құрылаған бағдарлама көмегімен автоматты түрде жүзеге асырылады.

Келесі кезеңде нәтижелердің жартысын талдау кернеулер мен деформациялардың таралу заңдарының өрістерін алу, сонымен қатар қажетті графикалық тәуелділіктер немесе нәтижелерді шығарудың кестелік формаларын құру арқылы жүзеге асырылады.



2-сурет. ШЭӘ қолданып есепті шешудін негізгі этаптары

Сандық әдістерді қолданып шексіз жарты жазықтықтан бөліп қарастыратын нақты шекаралық облыс ШЭӘ-де шекаралық шарттарды дұрыс беру компьютерлік модельдеудің ең жауапты бөлігі болып табылады.

Шекті элементтер әдісін минимизация процедурасымен байланыстыру арқылы топырақтың ылғалдылық деңгейі арқылы оның беріктігін анықтауда кеңінен қолдануға болады. Казіргі таңда ЭЕМ өнімділігінің қарқынды өсуі және шекті элементтер әдісінің дамуы модельдеудің мүмкіндіктерін кеңейтеді.

Қорытындылар

Топырақтың су сіңіру деңгейі арқылы оның беріктігін анықтаудың моделін құруда шекті элементтер әдісін қолдану:

1. Топырақ қабаттарының қасиеттері әртүрлі болуы мүмкін. Бұл әдісті әртүрлі құрамнан тұратын топырақтарға да қолдануға мүмкіндік береді;
2. Шекті элементтер - бұл қарапайым аймақтар (түзулер, үшбұрыштар, төртбұрыштар, пирамидалар, призмалар). Осылайша, осы әдісті қолдана отырып, шеттерінің күрделі формасы бар денелерді жақындатуға болады.
3. Элементтердің мөлшері өзгермелі болуы мүмкін. Бұл тор элементтерін көбейтуге немесе азайтуға мүмкіндік береді;
4. ШЭӘ қолдана отырып, үзіліссіз беткі жүктемелермен шекаралық жағдайларды, сондай-ақ аралас шекаралық жағдайларды қарастыру оңай;
5. Шекті элементтер әдісі алгоритмі әр түрлі кластардың мәселелерін шешуге арналған жалпы бағдарламалар құруға мүмкіндік береді.

ӘДЕБИЕТ

[1] Ерофеев Л.Я. [и др.] Физика горных пород: – Томск : ТПУ, 2006, 520 б.
[2] Шеин Е.В., Рыжова И.М. Математическое моделироавние в почвоведении // Москва-2016, 377б.
[3] Барац Н.И. Механика грунтов. Омск, 2008,108б.
[4] Баймахан Р. Б. Шекті элементтер әдісі. Алматы 2012, 230б.
[5] Баймахан Р.Б. Расчет сейсмонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов - Алматы, 2002. – 13 -74бб.
[6] Лазарев Б.П. Численное моделирование процесса промерзания влажного грунта// Вестник московского университета, Математика, механика, 2014, 63-68бб.
[7] Идентификация параметров моделей прочности крупнообломочных грунтов с заполнителем. НАУКА И ТЕХНИКА КАЗАХСТАНА ISSN 1680-9165. №3-4, 2014, 30-37бб.
[8] Qihua Ran, Yanyan Hong, Wei Li, Jihui Gao A modelling study of rainfall-induced shallow landslide mechanisms under different rainfall characteristics. Journal of Hydrology, Volume 563, August 2018. 790-801бб.

Кадирова Ж.Б., Ташенова Ж.М., Чекеев А.А.

Анализ математических методов разработки модели определения влажности почвы

Аннотация. Рассмотрены виды численных методов, а также их недостатки и преимущества, в том числе метод конечного элемента, при котором можно получить результат с точностью. Рассмотрены этапы выполнения метода конечного элемента.

При определении прочности грунта по уровню поглощения воды и при каких-либо усилиях в грунте образуются новые процессы, затрудняющие работу конструкций, разрушая их первоначальное состояние. В работе для предотвращения этих процессов предусмотрены применяемые методы.

Ключевые слова: влажность, конечные элементы, матрица жесткости, грунт, математическая модель.

УДК 656.025

Zh. Kegenbekov, D. Abylgazin
(Kazakh-German University, Almaty, Kazakhstan
Email: kegenbekov@dku.kz)

ENSURING SAFETY DURING CARGO TRANSPORTATION ON TRANSIT CONTAINER TRAINS ON THE WESTERN EUROPE - WESTERN CHINA ROUTE

Abstrack: The article is devoted to the issue of ensuring the safety of goods transported in container trains traveling in the direction of China - Europe, an analysis of container traffic in the Republic of Kazakhstan is made and alternative options for the transit of goods from China to Europe are considered. A comparative analysis of electronic locking and sealing devices with the ASOK system was also made. The result is the development of recommendations for ensuring the safety of container traffic and risk assessment for the implementation and operation of the ASOC system.

Key words: logistics, container, transit, cargo safety, locking and sealing devices.

Ж.К. Кегенбеков, Д.Д. Абылгазин
(Казахстанско-Немецкий университет, Алматы, Казахстан
Email: kegenbekov@dku.kz)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ НА ТРАНЗИТНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПОЕЗДАХ ПО МАРШРУТУ ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА – ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ

Аннотация: Статья посвящена вопросу обеспечения сохранности грузов, перевозимых в контейнерных поездах, следующих по направлению КНР – Европа, сделан анализ контейнерных перевозок в Республике Казахстан и рассмотрены альтернативные варианты транзита грузов из Китая в Европу. Также был сделан сравнительный ..анализ электронных запорно-пломбировочных устройств с системой «АСОК». Полученным результатом является разработка рекомендации по обеспечению сохранности контейнерных перевозок и оценка рисков по внедрению и эксплуатации системы «АСОК».

Ключевые слова: логистика, контейнер, транзит, сохранность груза, запорно-пломбировочные устройства.

Введение

Данное исследование является актуальным, поскольку Республика Казахстан является транзитной страной между Европой и Азией, что позволяет провозить большое количество грузов через территорию государства. По статистике за 2019 год перевозки контейнеров транзитом через Казахстан выросли на 32,3 % по сравнению с 2018 годом, что показало результат в 203409 контейнеров за год. Каждый год объемы перевозок значительно увеличиваются, что также приводит к пропорционально большему объему несохранных перевозок [1].

Целью исследования является обеспечение сохранности транзитных перевозок контейнеров, следующим по направлению КНР – Европа.

Теоретические и практические аспекты по обеспечению сохранности транзитных контейнерных поездов широко представлены зарубежными авторами как В.П. Прудникова, А.Н. Коробов, Т.Н. Сакульева, А.Е. Капитонов, И.Н. Долгачева, О.В. Ивушкина.

В научных журналах ученные всего мира предлагаю решить обеспечение сохранности при перевозке грузов на транзитных контейнерных поездах различными способами. Например, исследователи из университета Ningbo University - Yang, Z, из университета Tongji University - Xin, X. И из университета Dalian Maritime University - Chen, K. и Yang, A. в своих исследованиях на тему «Coastal container multimodal transportation system shipping network design—toll policy joint optimization model» отмечают, что прибрежная система мультимодальных контейнерных перевозок имеет два вида транспорта - наземный и водный. В своих исследованиях предлагают модель программирования для улучшения устойчивой транспортной политики системы. Предлагается алгоритм локальной оптимизации для решения указанной модели. Реальные данные о контейнерных перевозках в районе Бохайского края на северо-востоке Китая используются для проведения двух анализов чувствительности. Время выполнения каждого вычислительного эксперимента не превышает 2 минут, что свидетельствует об эффективности описанного выше алгоритма [2].

Контейнерные терминалы - это комплексные объекты, обслуживающие морские перевозки. Эффективность и производительность терминалов очень важны для международных перевозок. Часто менеджеры терминалов решают логистические проблемы с большими затратами. Снижение эксплуатационных затрат и времени - ключевые элементы для бесперебойного и безопасного процесса. Чтобы минимизировать время простоя судов в порту, необходимо оптимизировать каждую часть операции. Чтобы эффективно обслуживать контейнеровозы, руководство порта должно проанализировать процесс обработки груза с учетом характеристик судна и контейнера. Исследователи из университета Istanbul Technical University - Atak, Ü., Kaya, T., Arslanoğlu, Y. в своих исследованиях на тему «Container Terminal Workload Modeling Using Machine Learning Techniques» отмечают, что данную проблему можно решить с помощью моделирование времени обработки причальных кранов на традиционных контейнерных терминалах на основе данных портовых операций с использованием методов машинного обучения [3].

Объект данного исследования - транзитные контейнерные поезда, следующие по направлению КНР – Европа.

Исходными данными для изучения объекта исследования являются:

- статистические данные АО «ВЖДО» по транзитным контейнерным поездам, следующим по направлению КНР – Европа через территорию Республики Казахстан;
- статистика АО «ВЖДО» по случаям хищения грузов;
- стоимостные данные запорно-пломбировочного устройства «WatchLock»;
- стоимостные данные системы «Страж – Спрут-777»;
- стоимостные данные системы «АСОК».

Не смотря на то, что большая часть контейнеров в мире перевозится морским транспортом, есть и страны, которые перевозят большинство контейнеров по внутренним маршрутам. К таким странам относятся США, страны Европейского союза, Россия [4].

Рынок контейнерных перевозок не обошел и Республику Казахстан. Стоит отметить, что большинство контейнеров на территории Казахстана перевозятся транзитом. Самое популярное транзитное контейнерное направление КНР – Европа – КНР. По статистике каждый год (с 2017 по 2019 год) объем транзитных контейнеров, следующих железнодорожным транспортом через Республику Казахстан, увеличивается. Если в 2017 году общее число контейнеров, следующих транзитом, составляло 102321 контейнеров, то в 2018 году этот показатель вырос до 153791 контейнера, а в 2019 году поднялся до 203409 контейнеров [1].

В 2017 году по территории Республики Казахстана в направлении КНР – Европа было отправлено 1051 поезд, которые перевезли 50759 контейнеров. В том же году в направлении Европа – КНР было отправлено 685 поездов, перевозя 17488 контейнеров. Общая сумма контейнеров, следующих транзитом по направлению КНР – Европа – КНР составило 68247 контейнеров, что составляет 66,7 % от общей суммы транзитных контейнеров (102321 ед.) [1].

В 2018 году по территории Республики Казахстана в направлении КНР – Европа было отправлено 1242 поезда, которые перевезли 66161 контейнер. В том же году в направлении Европа – КНР было отправлено 926 поездов, перевозя 22441 контейнер. Общая сумма контейнеров, следующих транзитом по направлению КНР – Европа – КНР составило 88602 контейнеров, что составляет 57,6 % от общей суммы транзитных контейнеров (153791 ед.) [1,9].

В 2019 году по территории Республики Казахстана в направлении КНР – Европа было отправлено 1385 поездов, которые перевезли 78517 контейнеров. В том же году в направлении Европа – КНР было отправлено 1137 поездов, перевозя 36847 контейнеров. Общая сумма контейнеров, следующих транзитом по направлению КНР – Европа – КНР составило 115364 контейнеров, что составляет 56,7 % от общей суммы транзитных контейнеров (203409 ед.) [1, 11, 12].

Статистика показывает, что количество контейнеров и контейнерных поездов, следующих транзитом через территорию Казахстана, увеличиваются каждый год с 2017 по 2019 года. Вместе с этим растут и транзитные перевозки по направлению КНР – Европа – КНР, но их процентная доля уменьшается, что показывает заинтересованность в транзитных контейнерных перевозках через Республику Казахстан и по другим направлениям.

На сегодняшний день, по железной дороге через территорию Казахстана проходят 2 транспортных коридора Трансазиатской железнодорожной магистрали (ТАЖМ), следующих в северном и центральном направлениях. Трансазиатская железнодорожная магистраль в северном направлении пролегает по маршруту Ляньюньган (Китай) – Достык (Казахстан) – Нур-Султан (Казахстан) – Петропавловск (Казахстан) – Екатеринбург (Россия) – Москва (Россия) – Брест (Белоруссия) – Гамбург (Германия). Центральный путь Трансазиатской железнодорожной магистрали следует по маршруту Ляньюньган (Китай) – Достык (Казахстан) – Нур-Султан (Казахстан) – Озинки (Россия) – Москва (Россия) – Брест (Белоруссия) – Гамбург (Германия). Средняя длина данных транспортных коридоров составляет около 9,5 – 11,5 тысяч километров и может преодолеваться за 11 – 14 дней [8, 13, 14].

Другим не менее важным транспортным маршрутом для Республики Казахстан является маршрут Чунцин (Китай) – Дуйсбург (Германия). На территории Республики Казахстан идет от станции Достык и совпадает с центральным маршрутом Трансазиатской железнодорожной магистрали. Однако по сравнению с Трансазиатской железнодорожной магистралью контейнеры преодолевают данный маршрут примерно за 16 – 17 дней [8].

Основным транзитным маршрутом для Республики Казахстан является Чунцин – Дуйсбург. Таким образом, маршрут Чунцин – Дуйсбург является относительно быстрым альтернативным вариантом для перевозки контейнеров из Китая в Европу. Однако имеются и недостатки:

- неразвитая инфраструктура;
- риск наложения санкций или бойкота на страны вдоль маршрута;

- увеличивающиеся случаи несохранных перевозок.

Во избежание рисков зарубежные страны выстраивают несколько альтернативных железнодорожных маршрутов, образуя единую сеть железных дорог. Так, например, в Европе были построены железнодорожные коридоры, которые образуют Транс-Европейскую транспортную сеть.

Для дальнейшего увеличения объемов транзитных контейнерных перевозок предложены следующие рекомендации:

1 совершенствовать транспортную инфраструктуру Республики Казахстан;

2 создавать альтернативные транзитные железнодорожные маршруты;

3 обеспечить сохранность транзитных контейнерных поездов.

Для обеспечения сохранности перевозимых грузов и предотвращения проникновения посторонних лиц, погруженные вагоны и контейнеры пломбируются запорно-пломбировочными устройствами:

1 перевозчика, когда груз погружен им или перегружен в пути следования;

2 грузоотправителя, когда груз погружен грузоотправителем;

3 порта, пристани, когда груз перегружен портом, пристанью в пути следования, и они являются грузоотправителями;

4 таможенных органов при вскрытии в пути следования для проверки в соответствии с таможенным законодательством Республики Казахстан и законодательством о железнодорожном транспорте [15, 16].

Республика Казахстан не покрывается полностью сотовой сетью, вследствие чего возникают некоторые трудности при обеспечении сохранности транзитных контейнерных поездов. Современные системы электронных ЗПУ предлагают Иридиум, как альтернативный вариант связи и передачи информации. Иридиум имеет 66 связанных спутников на низкой околоземной орбите, обеспечивает высококачественную передачу голоса и данных по всей поверхности планеты, включая воздушные трассы, океаны и полярные регионы. Иридиум завершил модернизацию своей спутниковой сети в начале 2019 года, заменив все спутники и обновив вспомогательную наземную инфраструктуру. Находясь всего в 780 километрах от Земли, Иридиум обеспечивает короткий путь передачи, сильный сигнал и низкую задержку, создавая динамическую сеть, которая направляет трафик между спутниками, чтобы обеспечить глобальный охват, даже там, где традиционные локальные системы недоступны [17,18].

Сегодня все производители предлагают системы, работающие через сети GSM/GPRS, однако такие системы имеют недостатки:

- территория Республики Казахстан не полностью покрыта сетями GSM, поэтому значительная часть перевозимых грузов не может контролироваться средствами этих систем.

- в зонах работы сетей GSM существует возможность заглушки сигнала сети техническими средствами, что увеличивает вероятность вскрытия пломбы GSM/GPRS.

- охранные устройства этих систем отправляют сообщения только при достижении зоны покрытия, что приводит к запаздыванию реагирования соответствующих служб.

- произведенные за рубежом системы изначально достаточно дороги и не имеют технической поддержки в Республике Казахстан.

- зачастую предлагается к приобретению только низовая часть системы – радио пломбы, а вся сервисная часть с программным обеспечением является собственностью другой компании и используется за дополнительные средства.

ЭЗПУ «АСОК» исключает недостатки «Watchlock» и «Страж – Спрут-777», поскольку:

- «АСОК», помимо отправки сообщений по сотовой связи, соединено с каналом спутниковой связи Иридиум;

-система производится в Республике Казахстан и имеет техническую поддержку;

- по спутниковому каналу связи система может своевременно отправлять сообщение о состоянии пломб и сигнал тревоги.

Высокая надежность оперативного определения вскрытия вагона или контейнера основана на самоорганизующейся радиоэлектронной сети пломб, которые не только выполняют свои функции контроля сохранности грузов, но и мониторят друг друга, тем самым предотвращая срыв, уничтожение или повреждение какой-либо из пломб, включенных в сеть. Сеть работает вдоль железнодорожного состава и передает сообщения о состоянии груза на терминал сотрудника охраны, сопровождающего состав, независимо от наличия или отсутствия сети GSM, что является главным преимуществом данной разработки.

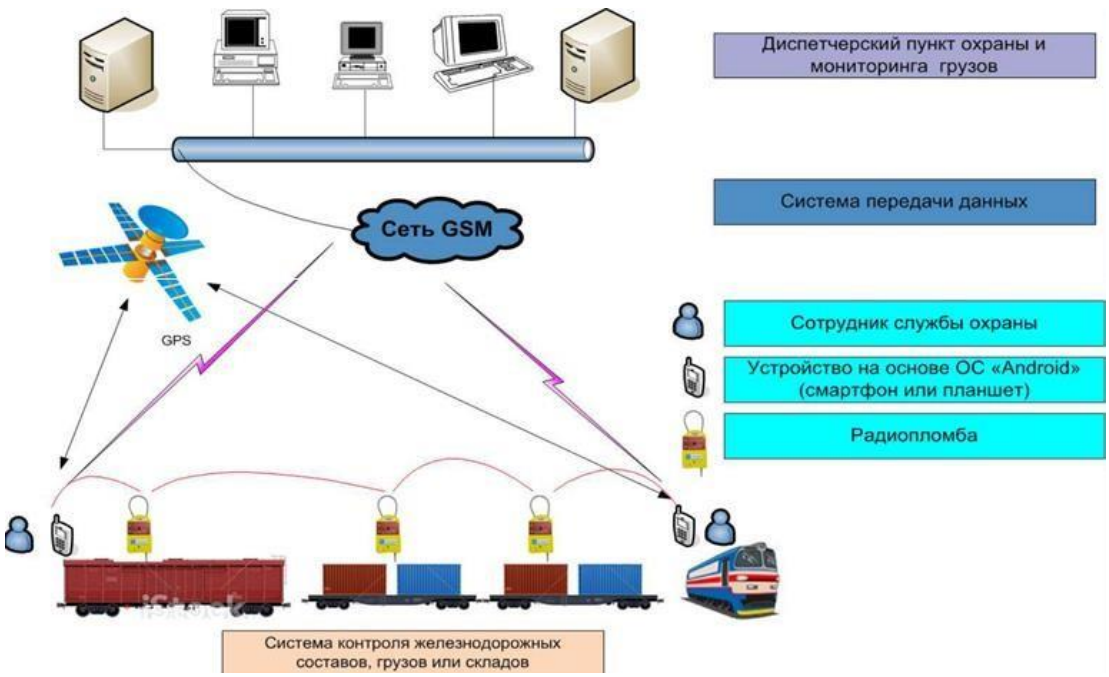


Рис. 1. Структура автоматизированной системы оперативного контроля

Система «АСОК» в 2019-2020 годах проходила испытания на участках железной дороги Алматы-1 – Достык – Алтынколь – Алматы-1 и Достык – Илецк, с имитацией несанкционированных вскрытий пломб, проверки своевременности получения сигнала о вскрытии, а также определения точности координат вскрытия. Система успешно справилась с поставленными задачами.

Для покупки и внедрения системы «АСОК» рассчитываются эксплуатационные расходы за год эксплуатации, и проводится сравнение с ЭЗПУ «СТРАЖ-Спрут 777» и «Watchlock». Для минимизации рисков при внедрении и эксплуатации системы «АСОК» проводится оценка рисков. Для определения критичности рисков разрабатывается алгоритм принятия решения по критичности рисков.

Для определения целесообразности вложения в проект по внедрению системы «АСОК» рассчитывается срок окупаемости системы. Срок окупаемости рассчитывается исходя из годовых затрат на покупку системы, НДС, эксплуатационных расходов, амортизационных отчислений и годового дохода на условном сокращении убытков от хищений грузов.

Для определения расходов на услуги связи следует учесть следующие данные:

- среднее количество железнодорожных составов в сутки – 3;
- среднее количество контейнеров под охрану с радиопломбами в железнодорожном составе – 30;
- время в пути одного железнодорожного состава – 72 часа;
- цикл опроса состояния сети электронных пломб от одного железнодорожного состава с передачей данных по каналам GSM/GPRS в штатном режиме – один раз в 30 минут, в случае тревоги – немедленно.
- цикл опроса состояния сети электронных пломб от одного железнодорожного состава с передачей данных по каналам спутниковой связи в штатном режиме – один раз в 30 минут, в случае тревоги – немедленно [19].

Таблица 1 – **Суммы эксплуатационных расходов приведенных систем**

Название	Сумма эксплуатационных расходов в год, тг	Сумма эксплуатационных расходов за 3 года, тг
ЭЗПУ «СТРАЖ – Спрут-777»	142 306 200	426 918 600
«Watchlock»	164 366 640	493 099 920
«АСОК»	2 177 648	6 532 944
Источник. Составлено автором по результатам расчетов		

В проекте по внедрению «АСОК» были выявлены несколько различных видов риска, по которым была проведена оценка с помощью экспертов. В роли экспертов выступил специалисты по рискам в АО «ВЖДО». Риски были оценены по уровням от 1 до 10, где:

- 1-3 – низкий уровень;
- 4-7 – средний уровень;
- 8-10 – высокий уровень (таблица 2).

Таблица 2 - **Общая оценка рисков проекта**

Наименование рисков	Описание и оценка рисков
Ценовой риск	Риск колебаний стоимости сырья, товаров и услуг, потребляемых АО «НК «КТЖ» или дочерней организацией при осуществлении операционной деятельности, которые негативно влияют на конечный финансовый результат АО «НК «КТЖ» или дочерней компании. Определяется чувствительность проекта к изменению цен на приобретаемое оборудование, товаров и услуг.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Валютный риск	Риск возникновения финансовых потерь АО «НК «КТЖ» или дочерней организации, связанный с изменением курсов иностранных валют по отношению к базовой валюте при осуществлении своей деятельности. Определяется чувствительность проекта к изменению курсов иностранных валют, в которых определяется цена приобретаемых оборудования, товаров и услуг.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Риск ликвидности	Риск неспособности к реализации проекта вследствие ухудшения текущей ликвидности АО «НК «КТЖ» или дочерней организации. Определяется чувствительность инвестиционного проекта к риску ликвидности.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Риск утраты производственной необходимости	В процессе реализации проекта могут возникнуть ситуации утраты производственной необходимости внедрения проекта из-за изменения концепции развития или достижений научно-технического прогресса. Определяется чувствительность проекта к риску утраты производственной необходимости.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Политический риск	Риск неспособности контрагента к выполнению своих обязательств перед АО «НК «КТЖ» или дочерней организации вследствие изменения экономической ситуации, политической обстановки, появления ограничений государственных органов иностранного государства и так далее. Определяется чувствительность проекта к политическим рискам в случае поставки оборудования из-за границы.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Информационно-технологический риск	Риск потерь вследствие сбоев и отказов информационных систем, программ или баз данных, систем передачи информации и прочего технологического оборудования, необходимого для осуществления деятельности АО «НК «КТЖ» или дочерней организации при реализации проекта. Определяется чувствительность инвестиционного проекта к информационно-технологическим рискам.
Итого уровень рисков	2 - низкий
Источник. Составлено автором на основе экспертной оценки специалистов по рискам в АО «ВЖДО»	

Выводы

Таким образом, с учетом стоимости системы «АСОК», НДС, эксплуатационных расходов и амортизации, система окупает себя за 3 года эксплуатации. Годовые эксплуатационные расходы на эксплуатацию системы

«АСОК» выходят значительно дешевле, по сравнению с альтернативными системами «Watchlock» и «Страж – Спрут-777», что позволяет в последующих годах экономить финансовые средства. Выявленные возможные риски при внедрении системы «АСОК», имеют высокую вероятность возникновения, но незначительный ущерб. Тем не менее, для минимизации рисков рекомендуется проводить предложенные мероприятия по снижению вероятности и ущерба рисков. При возникновении новых рисков рекомендуется определить величину риска и провести по алгоритму принятия решения по критичности рисков для определения критичности и необходимости в разработке программы по управлению риском. Для оценки риска используется метод экспертной оценки.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Статистические данные АО «Военизированная железнодорожная охрана» об объеме транзитных контейнерных перевозках, технологическом времени проведения операций, производимых на пограничных переходах на 1 контейнерный поезд в Республике Казахстан, Российской Федерации, Республике Беларусь и о случаях недостачи в контейнерных поездах КНР – Европа. – 2017 – 2019 гг.

[2] Yang, Z, Xin, X, Chen, K., Yang, A. Coastal container multimodal transportation system shipping network design—toll policy joint optimization model // Journal of Cleaner Production. - Volume 279, 10 January 2021, Номер статьи 123340

[3] Atak, Ü., Kaya, T., Arslanoğlu, Y. Container Terminal Workload Modeling Using Machine Learning Techniques // Advances in Intelligent Systems and Computing. - Volume 1197 AISC, 2021. - Pages 1149-1155

[4] Резер С.М., Еловой И.А. Тарифное регулирование логистических схем товаропотоков. – Москва: ВИНИТИ РАН, 2013. – 364 с.

[5] Грузоведение, сохранность и крепление грузов. / под редакцией Б. П. Голубкина. – Москва: РГОТУПС, 2014.

[6] Keser H. I.: «Importance of Transport Corridors in Regional Development: The case of TRASECA». – 2015. – 165-171 p.

[7] Президент Республики Казахстан. Послание президента Республики Казахстан Н. Назарбаева народу Казахстана. – 2018. – 10 января.

[8] Мордвинова А. Э. «Китайский Шелковый путь пройдет по железным дорогам Центральной Азии». –2016.

[9] Jensen T., Van T.: «Rail transport has become more competitive in speed and cost»//Tschudi logistics. – 2017. http://www.tschudilogistics.com (был доступен 4 апреля 2020 г.)

[10] Долгачева И. Н. «Управление экономическими рисками в сфере контейнерных перевозок». – 2014. – 12-25 с.

[11] Меркушева, В.С. Контейнерный рынок: когда снимут порчу? [Текст] / В.С. Меркушева // РЖД-Партнер, – 2011. - №9. – 36-41 с.

[12] Контейнеризация: История и тенденции развития [Текст]// Контейнерный бизнес. – 2013. - № 1(3). – 56-61 с.

[13] Годовой отчет ОАО «ТрансКонтейнер» 2008 – 2012 г. http://www.trcont.ru (был доступен 17 марта 2020 г.)

[14] European Commission. Mobility and Transport. – 2020. http://www.ec.europa.eu (был доступен 18 апреля 2020 г.)

[15] The association of American railroads: «Rail Intermodal Keeps America Moving». – 2020. – 1-4 p. http://www.aar.org (был доступен 1 марта 2020 г.)

[16] Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом Республики Казахстан. Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 21 июня 2011 года № 682.

[17] П-39 Пломбы электронные: Сборник научных трудов / АО «ИПК «СТРАЖ» / Под общей редактурой кандидата технических наук В. В. Крылова; [авт.-сост.: А. Г. Сухарев, А. В. Крылов, А. Г. Монин, В. Д. Андрюшин, А. Н. Блаженов, Д. В. Андрюшин]. – Москва: ИнтерКримпресс, 2017. – 49-75 с.

[18] Официальный сайт ТОО «Жарык». http://www.iridium-kazakhstan.kz (был доступен 24апреля 2020 года).

[19] Расчеты специалистов АО «Военизированная железнодорожная охрана» по распределению элементов системы «АСОК» по филиалам АО«Военизированная железнодорожная охрана». – 2020 г.

Кегенбеков Ж.К., Абылгазин Д.Д.

Батыс Еуропа-Батыс Қытай бағыты бойынша транзиттік контейнерлік поездарда жүктерді тасымалдау кезінде сақталуын қамтамасыз ету

Түйіндеме: Мақала Қытай - Еуропа бағытында жүретін контейнерлік пойыздарда тасымалданатын тауарлардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету мәселесіне арналған, Қазақстан Республикасында контейнерлік тасымалына талдау жасалды және Қытайдан Еуропаға жүк транзитінің балама нұсқалары қарастырылды. Электрондық құлыптау және пломбалау құрылғыларына ASOK жүйесімен салыстырмалы талдау жасалды.

Нәтижесі - контейнерлік тасымалдың қауіпсіздігін қамтамасыз ету бойынша ұсыныстар әзірлеу және ASOC жүйесін енгізу мен пайдалану үшін қауіп-қатерді бағалау.

Түйінді сөздер: логистика, контейнер, транзит, жүк қауіпсіздігі, құлыптау және пломбалау құралдары.

[1]N. Smailov, [1]A. Bazarbai, [1]Arystanbekuly Mukhtar, [2]A. Zhetpisbayeva
(Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan[1],
KazATU S.Seifullin university, Nursultan, Republic of Kazakhstan[2]
e-mail: aidanabazarbai@mail.ru , nur_aly.kz@mail.ru)

FIBER BRAGG LATTICE BASED ON STRAIN SENSORS: REVIEW OF TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS

Abstract. In this article, we consider the load cells of the FBG with great attention to the basic physical principles, methods of polling and reading. Describes the various schemes of sensing, including strain gauges, FBG based on the separation of modes. Their principle of operation and performance are described and compared with traditional architectures. Fiber Bragg grating (FBG) strain gauges are not only a well-established research field, but also gain a large market share due to their sensitivity and low cost.

Keywords: fiber Bragg grating, optical sensors, thermal sensors.

Н.К. Смайлов, А. Базарбай, Арыстанбекұлы Мухтар, А. Жетписбаева
(Satbayev University, Алматы қаласы, Республика Казахстан[1],
С. Сейфуллин имени КазАТУ, Нурсултан қаласы, РК[2].
e-mail: aidanabazarbai@mail.ru , nur_aly.kz@mail.ru)

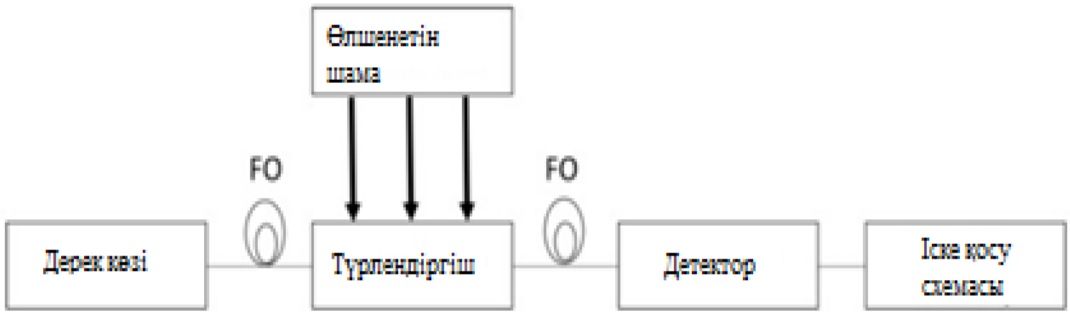
ТЕНЗОДАТЧИКТЕР НЕГІЗІНДЕГІ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЫ: ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ҚОСЫМШАЛАРҒА ШОЛУ ЖАСАУ

Түйіндеме. Бұл мақалада біз ТБТ тензодатчиктерін негізгі физикалық принциптерге, әдістеріне үлкен назар аудара отырып қарастырамыз. Негізі бөлімінде ТБТ-ның тензодатчиктері әр түрлі зондтау схемалары сипатталған. Олардың жұмыс принципі мен өнімділігі әрстүрлі архитектуралармен сипатталған және салыстырылған. Талшықты Брэгг торларының тензодатчиктері (ТБТ) өзін жақсы жағынан көрсеткен зерттеу саласы ғана емес, сонымен қатар өзінің сезімталдығы мен төмен құнының арқасында нарықтың үлкен үлесін алады.

Түйін сөздер: Талшықты Брэгг торы, оптикалық датчиктер, термодатчиктер.

Негізгі бөлім

Талшықты-оптикалық байланыс индустриясы сенімді телекоммуникациялық байланыс желілерін қамтамасыз ете отырып, неғұрлым жоғары өнімділік пен өткізу жолағының құнын тұрақты төмендетіп, телекоммуникация саласында революция жасады. Талшықты-оптикалық байланыстың техникалық прогресі талшықты-оптикалық датчиктердің дамуын ынталандырды [1]. Талшықты-оптикалық датчиктердің функционалдық ерекшеліктері кернеуді, дірілді, электрлік, акустикалық және магниттік өрістерді, үдеуді, айналуды, қысымды, температураны, сызықтық және бұрыштық орналасуды, ылғалдылықты, тұтқырлықты, химиялық өлшеулерді және т.б. қоса алғанда, кең ауқымдағы дәстүрлі датчиктерді ауыстыру үшін пайдаланылды. Талшықты-оптикалық датчиктің жеңілдетілген архитектурасы 1-суретте көрсетілген. Талшықты-оптикалық датчиктер форм-фактордың жоғары сезімталдығы мен әмбебаптығы сияқты басқа да қолданыстағы зондтау технологияларымен салыстырғанда артықшылықтарға ие. Оның диэлектрлік қасиеттерінің арқасында талшықты-оптикалық датчиктер жоғары температура, жоғары кернеу немесе коррозиялық материалдардың болуы сияқты қатты жағдайларда қолданылуы мүмкін; бұдан басқа, бұл датчиктер байланыс жүйелерімен үйлесімді және қашықтықтан зондтауды орындауға қабілетті [2].



1-сурет. Талшықты-оптикалық датчиктің жеңілдетілген архитектурасы

Талшықты-оптикалық сенсордың жеңілдетілген архитектурасы талшықты-оптикалық кабель арқылы түрлендіргіш (яғни сезімтал оптикалық элемент) қоздыратын оптикалық көзден тұрады. Өлшенетін шаманың өзгеруі есебінен түрлендіргіш оптикалық көздің бастапқы сигналын басқа сипаттамалары бар басқа сигналға түрлендіреді. Модификацияланған сигнал детектормен анықталады және содан кейін қоздыру схемасымен өңделеді. Қоздыру схемасы әдетте тірек сигналы деп аталатын бастапқы сигнал мен түрлендіргіш модификацияланған сигнал арасындағы салыстыру арқылы өлшенетін шама туралы ақпаратты шығарады [6]. Талшықты-оптикалық сенсорлардың негізгі артықшылықтарына олардың жеңіл, мөлшері өте кішкентай, енжар және электромагниттік кедергілерге иммундылығы жатады. Сонымен қатар, олар төмен қуатты талап етеді және төмен өшуді тудырады, сондай-ақ жоғары сезімталдықпен, кең өткізу жолағымен және қоршаған ортаның беріктігімен сипатталады. Олардың негізгі кемшіліктері жоғары құн және соңғы тұтынушыны білмеу болып табылады. Талшықты Брэгг торлары (ТБТ) негізіндегі оптикалық датчиктер бірқатар артықшылықтардың арқасында нарықтың үлкен үлесін сатып алды: шағын форм-фактор, жеңілдігі, электрлік қосылыстарда қажеттілік болмауы, сондай-ақ инвазивті емес қашықтықтан зондтаумен үйлесімдігі. ТБТ ерекшеліктері жоғары сезімталдықпен, жоғары ажыратымдылықпен және кең динамикалық диапазонмен сипатталатын, сондай-ақ олардың радиожиілік кедергілеріне (RFI) және электромагниттік кедергілерге (EMI) ішкі сезімталдығы, сондай-ақ олардың деректер беру жүйелерімен өзара іс-қимыл жасау қабілеті көптеген зондтау қосымшаларында оларды кеңінен пайдалануға мүмкіндік берді [3]. Физикалық, химиялық, биомедициналық және электр параметрлерін қоса алғанда, қоршаған ортаның көптеген параметрлеріне ТБТ жоғары сезімталдығына байланысты олар өлшенетін салаларға байланысты ақпарат әдетте толқын ұзындығының брэггтік жылжуымен кодталатын азаматтық инфрақұрылымдарда, аэроғарыштық, энергетикалық және теңіз салаларында денсаулықтың құрылымдық мониторингі үшін пайдаланылады [10].

Бұл мақалада ТБТ тензодатчиктеріне жалпы шолу, сауалнама әдістері, өнімділігі және оларды қолдану салалары ұсынылған. Зерттеу өлшенетін шаманың талдауынан басталады (яғни деформация). Деформация-бұл эталондық ұзындыққа қатысты затта бөлшектер арасында орын ауыстыратын нормаланған деформация өлшемі.

Деформация қатты дененің қозғалысымен байланысты, мысалы, қозғалу және айналу, заттың пішіні / өлшемінің өзгеруі [4].

Физикалық тұрғыдан деформация тензорлық өлшеммен сипатталады, оны қалыпты және қозғалмалы құрамдастарға бөлуге болады. Қалыпты құрамдауыш элементтердің немесе талшықтардың материал сызығының бойымен созылуын немесе қысылуын ескереді, ал жылжу құрамдауышы денені бір-бірінің үстінен құрайтын қабаттардың сырғуымен байланысты. Егер дененің ұзындығы ұлғайса, онда қалыпты деформация созылу деформациясы деп аталады, егер ол азайса, онда деформация сығылу деформациясы деп аталады [7].

Талшықты-оптикалық тензодатчиктерді үш санатқа бөлуге болады: бір нүктелі датчиктер, квази кең таралған (мультиплексті) және таратылған датчиктер. Бір нүктелі датчиктер - бұл шағын, берік және жоғары дәлдіктегі сенсорлық блоктар, әдетте жоғары өткізу қабілеті бар талшықты-оптикалық кабельге қосылады. Бұл бір нүктелі датчиктер мультиплексирленуі мүмкін және квази кең таралымды өлшеуді құру үшін талшық бойындағы стратегиялық орындарда орналастырылуы мүмкін. Таратылған

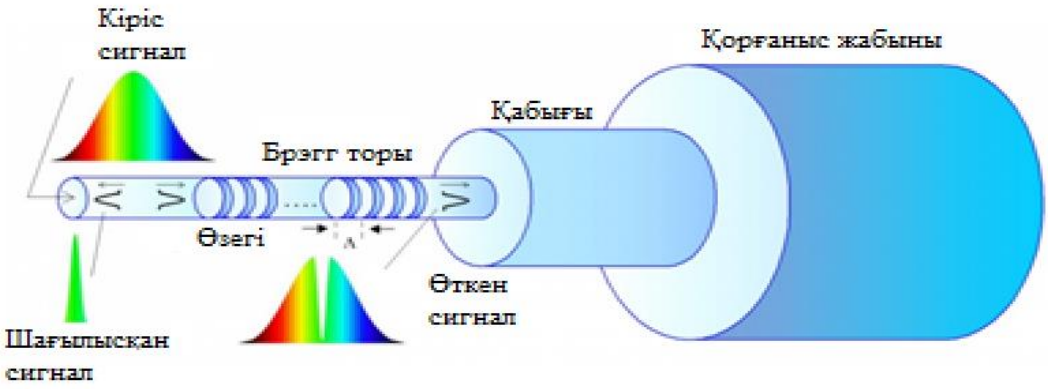
дыбыс зерттелетін құрылымның бүкіл ұзындығы бойымен деформацияны бақылау үшін талшықты-оптикалық кабельді қолданады [11].

ТБТ кернеу датчиктері бір нүктелі датчиктер санатына жатады және шағын өлшемді, беріктігін және жоғары дәлдікті сақтайды.

ТБТ тензодатчиктерінің негізгі пайдалану сипаттамалары, әдетте, талшықты-оптикалық датчиктер сияқты. Олар датчиктің шығыс сигналының өзгерісі мен өлшенетін шаманың тиісті өзгерісі арасындағы қарым-қатынасты білдіретін сезімталдықты қамтиды. Оптоэлектронды датчикте сезімталдық әдетте өлшенетін шаманың бірлі-жарым өзгеруімен өндірілетін қабылдағышта оптикалық қуаттың өзгеруі ретінде анықталады. Жақсы сенсор жоғары сезімталдыққа ие болуы тиіс, яғни өлшенетін шаманың шағын вариациялары шығыс сигналының үлкен вариациясына сәйкес келуі тиіс. Егер датчиктің шығысы өлшеуге жататын шамамен сызықтық өзгерсе, датчиктің сезімталдығын "масштабты коэффициент"ретінде анықтауға болады [5].

Қосымша негізгі өнімділік факторы-рұқсат. Ол өлшенетін аймақтың шағын өзгерістерін анықтау датчигінің қабілетін білдіреді. Ол «өлшенетін шаманың өзгеруі, шығыс шамасының өзі белгісіздікке тең шығыс шамасының өзгеруіне әкеледі» деп анықталады. Шешім абсолютті шамада, салыстырмалы немесе төмендетілген мәнде көрсетілуі мүмкін. Кеңістіктік шешімді ең кіші ұзындық деп сипаттауға болады, оның ішінде өлшенетін шаманың едәуір өзгерісін анықтауға болады. Шығарылған сигналдың белгісіздігіне шақыру берілген пайдалану нүктесіндегі кездейсоқтықсыз ең аз ауытқуды ескеруге сәйкес келеді. Жиі ажыратымдылық «өлі аймақ» терминімен белгіленеді, ал кейде ол сезімталдықпен қате белгіленеді.

Ерекше жағдай датчик нөлге тікелей жақын орналасқан өлшенетін шамамен жұмыс істейтін кезде орын алады: бұл жағдайда "табалдырық" термині бір рұқсат үшін қолайлы және ол "өлшенетін шама нөлге тең болған кезде алынғанға қатысты едәуір ерекшеленетін шығуға алып келетін өлшенетін шаманың ең аз мәні"мәнін қабылдайды. Өлшеу тұрғысынан алғанда, ТБТ датчигін сипаттау кезінде екі негізгі факторды ескеру қажет: өлшеу дәлдігі және өткізу қабілеті. Біріншіден, дәлдікте жүйенің шу деңгейіне қарамастан (%) шығыс қуатын қабылдағышта өлшеуге болады. Соңғысы - сынақ мәніндегі өзгерістерді анықтауға болатын өту жолағы. Өлшеу өткізу қабілетіне қосымша, ТБТ-ның басқа артықшылықтары - жүйенің өткізу қабілеті, яғни қабылдағыштың жүйелік талдау үшін өткізгіштік қабілеті, сонымен қатар сенсордың тұрақтылығы мен динамикалық диапазоны [8]. Қарапайым ТБТ үшін 4-суретте көрсетілгендей әр түрлі индекстік модуляция түрлері бар; периодты, біркелкі бөлінген және модуляция күші оң болып келетін.



2-сурет. ТБТ индексінің профилі. Қорапта: оқиғаның спектрі, шағылысқан және жіберілген сәулелер

Тұрақтылық - бұл сенсордың салыстырмалы түрде ұзақ уақыт аралығында (мысалы, айлар немесе жылдар) оның жұмысын өзгерте алмайтын қабілеті. Ол белгілі бір уақыт аралығындағы өлшемдер мен жұмыс жағдайлары бірдей, абсолютті, салыстырмалы немесе азайтылған мәнде шығуда болатын максималды өзгеріс түрінде көрсетіледі. Кейде «дрейф» термині қолданылады (орын ауыстыру немесе ауысу), ол ұқсас мағынаға ие. Динамикалық диапазон - бұл қажетті дәлдікпен өлшенетін шаманың максималды және минималды мәні арасындағы қатынас (дБ).

ТБТ тензодатчиктері де өшу спектрі, дисперсия спектрі, модальды таралу типі, бағыттаушы құрылымның геометриялық және физикалық қасиеттері, сондай-ақ мантия қасиеттері бойынша жіктеледі. Жұмыс нүктесінде толқын ұзындығының негізінде өшу спектрі болып табылады, ал

дисперсия спектрі жұмыс нүктесінде толқын ұзындығының негізінде сыну көрсеткіші болып табылады. Бағыттаушы құрылымдағы модальды таралу түрі (оптикалық талшық немесе толқын таратқыш) сенсордың жұмыс істеу принципіне байланысты және оны бір (анимодальды тарату) немесе бірнеше режимдердің (мультимодальды тарату) болуымен байланыстыруға болады [13].

Бағыттаушы құрылымның (оптикалық талшықтың немесе толқын өткізгіштің) геометриялық және физикалық қасиеттері пайдаланылатын материалдарға, өзекше мен қабықшаның өлшемдеріне, профильдің сыну көрсеткішіне (сатылы индекс немесе градуирленген индекс), өзекше мен қабықшаның арасындағы контраст көрсеткішіне және унимодальды немесе мультимодальды режимде жұмыс істеу үшін кесу толқынының ұзындығына байланысты.

ТБТ торлары резонанстық тензодатчиктерін құру үшін бір ұшымен біріктірілген оптикалық талшықтан жасалған сақиналы резонаторларға салынады. Бұл резонанстық сенсорлық жүйелер негізінен күрделі шашырау көздерімен (SCs) ТБТ пайдаланып салынған, олар екі қарама-қарсы таралған сәнді (жүгіруші толқын) сақиналы резонаторда қосады. Бұл мод байланысы екі асимметриялық резонанстық сызықтармен сипатталатын спектралды пікірді жасайды (ғылыми әдебиетте бұл "мод ыдырауы" деп аталады және тензометриялық зондтаудан басқа көптеген қосымшаларда қолданылады) [15]. Әрбір резонанстық желі екі қарсы таратылатын мод комбинациясымен құрылады. Бұл нақты конфигурациялар талшықты Брэгг сақиналы резонаторлар деп аталады. ТБТ датчиктерімен салыстырғанда, талшықты Брэгг сақиналы резонаторлар негізгі артықшылықтары резонатордың жақсартылған рұқсатымен ұсынылған, бұл зондалау рұқсатын жақсартуға әкеледі [14], қоршаған ортаның наразылықтарына сезімталдық және неғұрлым төмен өндірістік шығындарға әкеледі, өйткені ТБТ датчиктерінен айырмашылығы зондтау схемасы өзін-өзі кернеулі болып табылады және дәл өлшеулерді орындау үшін тірек сигналында қажеттілік жоқ [12].

Бұл технология ықшамдылық, радио және электромагниттік кедергілерге (RFI, EMI) сезімталдық, нақты уақытта мониторингке жылдам әрекет ету, сондай-ақ күрделі конструкцияларға композитті материалдарды кірістіру мүмкіндігі сияқты талшықты оптиканың барлық артықшылықтарын сақтайды [9]. Бұдан басқа, Брэгг сақиналы резонаторлар негізіндегі тензодатчиктер аса жоғары рұқсаттарды (мысалы, сейсмикалық мониторинг және т.б.) және қоршаған ортаның наразылықтарына сезімталдық (мысалы, өнеркәсіптік немесе аэроғарыштық сценарийлерге тән қатаң жағдайлар) талап ететін зондтау жүйелерінде пайдаланылуы мүмкін.

Қорытынды

Бұл шолуда талшықты Брэгг тензодатчиктің технологиялары және оларды қолдану ұсынылды. Негізгі физикалық принциптер, сұрау / оқу әдістері және Брэгг талшықты тензодатчиктердің тиімділігін бағалау үшін негізгі параметрлер қарастырылған. Бұдан басқа, жоғары сезімтал бастары мен олардың нақты қолданылуы саласындағы соңғы жетістіктер кеңінен талқыланды.

Біз сондай-ақ Брэгг торы тензодатчиктерін қоса алғанда, жаңа конфигурацияларды қарастырдық. ТБТ тензодатчиктерінің жұмыс принципі, өнімділігі мен артықшылықтары техниканың жай-күйі туралы түсінік беру үшін бөлінген және салыстырылған.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Айбатов, Д.Л. Основы рефлектометрии// Новое знание. – М.: 2008. С-56.

[2] Денисенко, П.Е. Выбор метода зондирования волоконных решеток Брэгга со специальными формами спектров// Тезисы докладов Международной молодежной научной конференции. – К.: 2012. С. 274-275.

[3] Неуструев, В. Б. Электрострикционный механизм образования брэгговской решетки в германосиликатных световодах / В. Б. Неуструев // Квантовая электроника. – 2001. – Т. 31. – № 11. – С. 1003-1006.

[4] Варжель, С. В. Анализ механизмов фотоиндуцирования фемтосекундными лазерными импульсами Брэгговских дифракционных структур в оптическом волокне / С. В. Варжель, А. В. Куликов, В. Е. Стригалев // Сборник трудов конференции «Фундаментальные проблемы оптики 2010» – СПб.: СПбГУ ИТМО. – 2010. – С. 15-17.

[5] Загорулько, К. А. Запись брэгговских решеток в одномодовых волоконных световодах с помощью УФ фемтосекундного излучения / К. А. Загорулько, П. Г. Крюков, Е. М. Дианов, А. Драгомир, Д. Н. Никогосян // Квантовая электроника. – 2003. – Т. 33. – № 8. – С. 728-730.

[6] Васильев, С. А. Волоконные решетки показателя преломления и их применение / С. А. Васильев, О. И. Медведков, И. Г. Королев, А. С. Божков, А. С. Курков, Е. М. Дианов // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – № 12. – С. 1085-1103.

[7] Ероньян, М. А. Способ изготовления волоконных световодов, сохраняющих поляризацию излучения // Патент Российской Федерации № 2 155 359 (2000). [8] Mihailov, S. J. Fiber Bragg gratings made with a phase mask and 800-nm femtosecond radiation / S. J. Mihailov, C. W. Smelser, P. Lu, R. B. Walker, D. Grobnic, H. Ding, G. Henderson, J. Unruh // Opt. Lett. – 2003. – V. 28. – № 12. – P. 995-997.

[9] Варжель, С. В. Анализ механизмов фотоиндуцирования фемтосекундными лазерными импульсами Брэгговских 47 дифракционных структур в оптическом волокне / С. В. Варжель, А. В. Куликов, В. Е. Стригалев // Сборник трудов конференции «Фундаментальные проблемы оптики 2010» – СПб.: СПбГУ ИТМО. – 2010. – С. 15-17.

[10] Васильев, С. А. Волоконные решетки показателя преломления и их применение / С. А. Васильев, О. И. Медведков, И. Г. Королев, А. С. Божков, А. С. Курков, Е. М. Дианов // Квантовая электроника. – 2005. – Т. 35. – № 12. – С. 1085-1103.

[11] Варжель, С. В. Метод устранения влияния сигнала помехи на чувствительность приема гидроакустической антенны на основе волоконных Брэгговских решеток / С. В. Варжель, В. Е. Стригалев // Научно-технический вестник СПбГУ ИТМО. – 2010. – Т. 69. – № 5. – С. 5-8.

[12] Ероньян, М. А. Тонкие анизотропные одномодовые волоконные световоды с эллиптической напрягающей оболочкой / М. А. Ероньян, А. В. Комаров, Ю. Н. Кондратьев, Е. И. Ромашова, М. М. Серков, А. В. Хохлов // Оптический журнал. – 2000. – Т. 67. – № 10. – С. 104-105.

[13] Rivas, L. M. Growth of Second-Order Fiber Gratings based on a New Photosensitivity Model / L. M. Rivas, A. Carballar, C. Janer // Proc. of SPIE. – 2005. – V. 5970, 597009-1.

[14] Othonos, A. Fiber Bragg gratings / A. Othonos // Rev. Sci. Instrum. – 1997. – V. 68. – № 12. – P. 4309-4341.

[15] Николаенко М. А., Иваницкий А.В., Гребенник О. Г. Обзор графических методов статистического анализа генераторов псевдослучайных последовательностей. // Международный научно-практический журнал «Теория и практика современной науки». Основной раздел, №2(8), 2016. [Электронный ресурс] – http://modern-j.ru/domains_data/files/8/Nikolaenko%20M.A.%20(Osnovnoy%20razdel).doc

Смайлов Н.К., Базарбай А., , Арыстанбекұлы Мухтар, Жетписбаева А.

Волоконная брэггевская решетка на основе тензодатчиков: обзор технологий и приложений

Резюме. В статье мы рассматриваем тензодатчики ВБР с большим вниманием к основным физическим принципам, методам опроса и считывания. Описаны различные схемы зондирования, в том числе тензодатчики ВБР на основе разделения режимов. Их принцип работы и производительность описаны и сопоставлены с традиционными архитектурами. Тензодатчики волоконных Брэгговских решеток (FBG) являются не только хорошо зарекомендовавшей себя исследовательской областью, но и приобретают большую долю рынка благодаря своей чувствительности и низкой стоимости.

Ключевые слова: волоконная Брэгговская решетка, оптические датчики, термодатчики.

[1,2]N.K. Smailov, [1,2]S.Zh. Koshkinbayev, [1,2]A.A. Abdykadyrov, [2]A.O. Kabdoldina., [2]A.U. Malikova., Zh.R. [3]M. Zh Koshkinbaeva.

([1]Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2] U.A.Dzholdasbekov Institute of Mechanics and mechanical Engineering Republic of Kazakhstan, [3]Miras University, Shymkent, Republic of Kazakhstan e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru)

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF ELEMENTS AND DESIGNS OF COMBINED PRESSURE AND TEMPERATURE SENSORS

Abstract. This article discusses the development and implementation of modern principles of mathematical modeling in the field of components of combined pressure and temperature sensors. For the first time, this paper proposes to analyze the effect of mechanical and thermal stresses and deformations on the electrophysical characteristics of sensor elements.

The perspective of the modular approach to the design of sensors is shown, it allows creating new high quality products with competitive prices and with the involvement of small businesses.

Keywords: combined sensor, mathematical model, optical receiver, signal power amplifier, semiconductor sensitive element.

[1,2]Н.К. Смайлов., [1,2]С.Ж. Көшкінбаев, [1]Ж.Р. Уалиев, [1,2]А.А. Абдыкадыров, [2]А.О. Кабдолдина, [3]М.Ж. Кошкинбаева.

([1]Satbayev University, г. Алматы, Республика Казахстан,
[2] Институт механики и машиноведения имени академика У.А. Жолдасбекова, г. Алматы, Республика Казахстан, [3]Университет Мирас, город Шымкент, Республика Казахстан e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru)

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУР СОВМЕЩЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Резюме. В данной статье рассмотрены разработка и внедрения современных принципов математического моделирования в область компонентов совмещенных датчиков давления и температуры. В работе впервые предлагается проанализировать влияние механических и тепловых напряжений и деформаций на электрофизические характеристики сенсорных элементов.

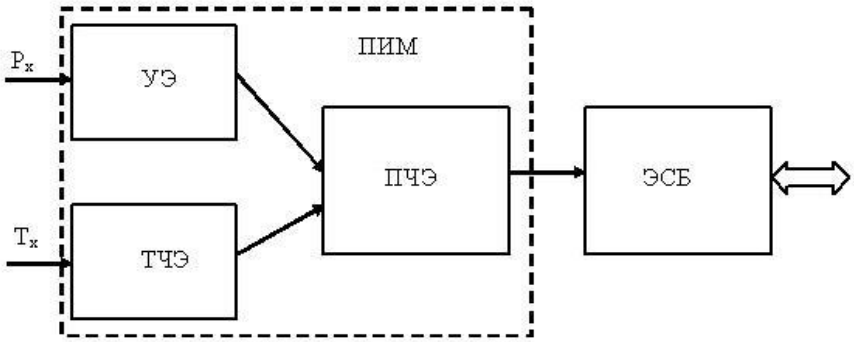
Показана перспективность модульного подхода к конструированию датчиков, который позволяет создавать новую продукцию высокого качества с конкурентными ценами и с привлечением предприятий малого бизнеса.

Ключевые слова: совмещенный датчик, математическая модель, оптический приемник, усилитель мощности сигнала, полупроводниковый чувствительный элемент.

ВВЕДЕНИЕ

Характерной чертой мирового развития информационных и управляющих систем является все более широкое использование во всех сферах жизни датчиков различных физических величин, в основном неэлектрических. Датчики физических величин (DFV) используются в промышленном управлении, автоматизации производственных процессов, в автомобильном, авиационном и железнодорожном транспорте, авиационной технике и атомной энергетике. Особенно велика их роль при измерении PV в экстремальных условиях эксплуатации: ударные нагрузки, радиация, вибрации, температура.

На основе структурной схемы МЭД давления и температуры (рисунок 1.1) можно выделить следующие элементы, от которых в первую очередь зависят основные ТП (механическая прочность, надежность, скорость, диапазон измерения, временная стабильность, геометрические размеры): воспринимающие (упругий) элемент, ТЧЭ, ИМ, блок электронного согласования.



УЭ – упругий элемент, ТЧЭ – термочувствительный элемент, ПЧЭ – полупроводниковый чувствительный элемент, ПИМ – полупроводниковый измерительный модуль, ЭСБ - электронный согласующий блок

Рис. 1.1. Структурная модель датчика давления и температуры

Как видно из рисунка, на первом месте в датчике находится УП, которое в основном определяет многие силовые и метрологические характеристики всего датчика. Таким образом, UE должно в процессе работы отслеживать воспринимаемые им динамические давления и правильно преобразовывать их в механическую деформацию с минимальными искажениями и остаточными явлениями.

Практическая необходимость восприятия и преобразования быстро меняющихся и импульсных сигналов, которые, как правило, имеют сложную форму во времени, заставляет оценивать динамические свойства RE и определять погрешность, вносимую RE.

Высокие динамические характеристики УЭ необходимы для обеспечения минимальных ошибок измерения нестационарных процессов и величин, которыми могут быть различные типы давлений.

При создании новых образцов и модернизации существующей измерительной техники, в частности МЭД, широко применяется моделирование конструкций, схем и отдельных элементов, что позволяет прогнозировать основные технические характеристики датчиков на ранней стадии, а также значительно сокращать время их развития.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Следует отметить, что на рынке представлено множество программных средств моделирования UE, которые используются многофункционально, а принципы их работы чаще всего основаны на методах конечных элементов или аналогах.

Пакеты для моделирования компонентов подразделяются на универсальные (ANSYS, MatLab, Simulink, SolidWorks) и специализированные (Electronics Workbench, Micro-Cap) программные пакеты. Пакеты ANSYS часто используются для компьютерного моделирования неоднородных технических систем. В нем используются методы конечных элементов для решения таких задач, как расчет формы деформируемых тел, расчет прочности конструкций, подверженных статическим и динамическим нагрузкам, моделирование потока жидкости и газа, распространение тепла, моделирование электрических систем, расчет электрических и магнитных полей и другие. Эта программа компьютерной инженерии позволяет анализировать стабильность систем, изучать переходные процессы и решать задачи оптимизации.

Программное обеспечение для моделирования предметной области, предназначенное для моделирования, принадлежащего к определенному физическому классу, включает MultiSim, Simulink, AutoCAD, SolidWork, LabVIEW и другие. Они не создают и не изучают компьютерные модели других физических классов, а также физически неоднородных объектов и систем.

Пакеты AutoCAD, Compass 3D, SolidWorks, созданные для 3D-моделирования и автоматизированного 3D-проектирование. Применяется в машиностроении, газодинамике, приборостроении, двигателестроении, инструментальном проектировании и т. Д.

Для исследования схем электронных пакетов приложений

OrCAD, MultiSim, Workbench, Comsol и т. Д.

Анализ функциональности и ценности этих программ показывает следующее:

1) Большинство исходных программ моделирования очень дороги, а выпущенные упрощенные демонстрации в некоторых случаях не имеют функций, поэтому они часто бесполезны.

2) Программы, для отдельных, имеют большой объем, поэтому для их корректной работы требуется ПК с большим объемом оперативной и постоянной памяти, а также с высокой скоростью работы.

3) Программы имеют сложный, не всегда интуитивно понятный интерфейс

и работа с ними требует значительного времени и хороших навыков, а также знания английского языка, поскольку большинство интерфейсов и справки русскоязычные.

4) Все программы имеют излишне большое количество ненужных функций.

В связи с указанными выше недостатками требуется разработка информационных систем, предназначенных для моделирования важнейших динамических характеристик UE, в которых используются общедоступные программы: Mathcad, Exel, Visio и др. Интерфейс этих программ интуитивно понятен, они позволяют не работает. занимают много места на диске и легко устанавливаются на ПК.

Поясним, в отношении UP, основные метрологические формулировки.

и концепция.

Важной характеристикой УП является функция преобразования (ФП) - зависимость выходного сигнала от входного.

Динамические характеристики RE - это характеристики качества RE, проявляющиеся в том, что на выходной сигнал RE влияет значение входного сигнала и различные изменения этих значений во времени.

К динамическим характеристикам уровня:

Переходная характеристика RE - это временная характеристика, полученная при резком изменении входного сигнала.

Импульсная характеристика RE - это его временная характеристика, полученная в результате приложения входного воздействия к входу RE в виде дельта-функции (функция Дирака).

AFC UE - это отношение выходного сигнала установившегося режима к входной синусоидальной амплитуде в зависимости от угловой частоты.

Частные динамические характеристики:

- время реакции;
- коэффициент демпфирования (степень демпфирования);
- постоянное время;
- частотная характеристика на значение резонансной частоты;
- значение резонансной или собственной частоты. Давайте объясним некоторые из этих ТХ:

1) время реакции - время отсутствия выходного сигнала.

2) коэффициент демпфирования - коэффициент β в дифференциале уравнение, описывающее датчик:

$$x + 2\beta\omega \cdot x = 0$$

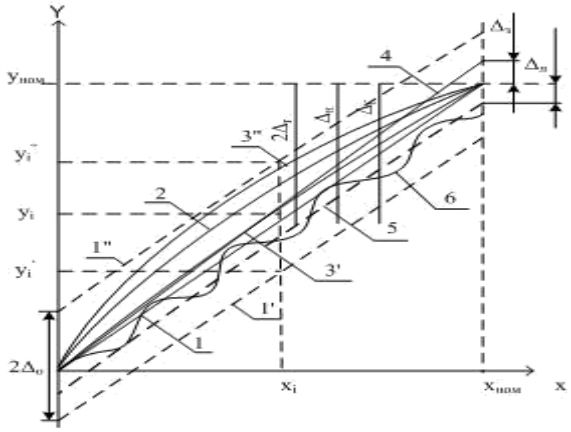
где ω0- собственная частота колебаний УЭ:

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{w}{m}}$$

где w - жесткость УЭ, m - эквивалентная подвижная масса ИП.

3) резонансная частота - частота, соответствующая максимуму резонансной кривой.

Как было отмечено, большинство статических и динамических характеристик УЭ определяет передаточная характеристика УЭ, представленная на рисунке 3.2 в виде графической модели.



1 – ФП без учета влияющих величин; 1', 1" – прямые, ограничивающие область возможных измерений ФП из-за действия влияющих величин; 2 – ФП с учетом нелинейности; 3', 3" – ФП с учетом гистерезиса; 4 – ФП с учетом повышения температуры; 5 – ФП с учетом воздействия линейного ускорения; 6 – ФП с учетом воздействия

Рис. 1.2. График функции преобразования УЭ

Исследование и анализ конструкций УЭ датчиков

В УЭ датчиков силовых параметров (силы, давления, деформации, крутящих моментов) используются различные типы УЭ (рисунки 1.3–1.5).

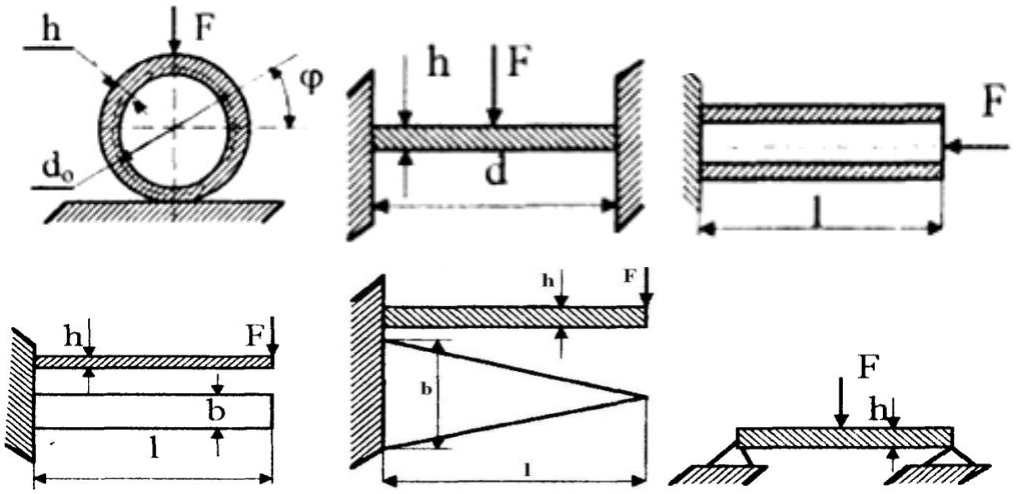
– балочные в виде консольных балок, балок равного сопротивления изгибу, опёртой балки (рисунки 1.3, а-в);

– кольцевых (рисунок 1.4, а);

– мембран (рисунок 1.4, б);

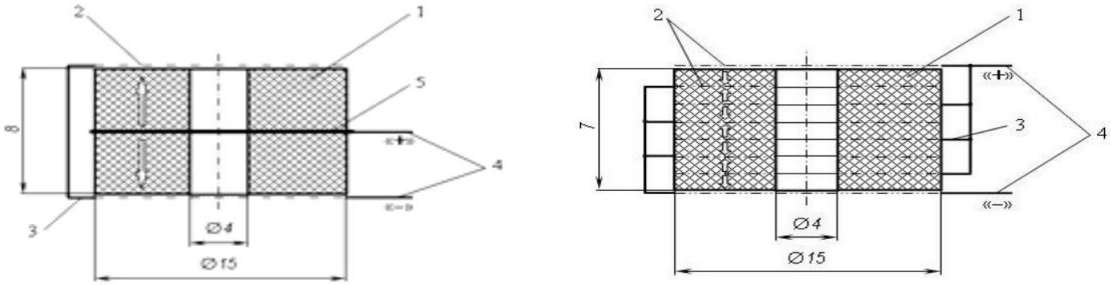
– полых и сплошных стержней (рисунок 3.4, в);

– однослойных и многослойных пьезопластин (рисунок 3.5, а, б).



а б в

F – сила, h – толщина, b – ширина, l - длина
а – консольная, б –равного сопротивления изгибу, в – опертая,
Рис. 1.3 - Балочные УЭ ИП



а б

1 – слой пьезокерамики, 2 – электрод, 3 – проводник коммутационный, 4 – вывод проволочный, 5 – токосъемная пластина
а – двухслойный, б – семислойный
Рис. 1.5. Многослойные пьезоэлектрические ЧЭ

ЛИТЕРАТУРА

[1] Энциклопедия АСУ ТП. https://www.bookasutp.ru. 05.06.2016.

[2] Матрица цифровых сенсоров - электронная система сканирования параметров давления следующего поколения // Контрольно-измерительная техника. – М.: Энергоатомиздат, 2017. - С. 13-14.

[3] Пневмопреобразователь многоканальный ППМ. Руководство по эксплуатации. КРУГ. 421831.001РЭ. – Пенза: КРУГ, 2002. - 45 с.

[4] Датчики теплофизических и механических параметров. Справочник: в 3 т. / под общ. ред. Ю.Н. Коптева. - М.: ИПРЖ, 2008. - Т. 1. – 458 с.

[5] Джексон Р.Г. Новейшие датчики. Справочник / пер. с англ. - М.: Техносфера, 2007. - 380 с.

[6] Фрайден Дж. Современные датчики. Справочник / пер. с англ. - М.: Техносфера, 2005. – 592 с.

[7] Бусурин В.И., Носов Ю.Р. Волоконно-оптические датчики. Физические основы, вопросы расчета и применения. – М.: Энергоатомиздат, 2001. – 256 с.

[8] Гармаш В.Б., Егоров Ф.А., Коломиец Л.Н., Неугодников А.П., Поспелов В.И. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // Спецвыпуск «Фотон-Экспресс» - Наука. – М.: ФЭ, 2005. - №6. – С. 128-140.

[9] Гуляев Ю.В., Никитов С.А, Потапов В.Т., Чаморовский Ю.К. Волоконно-оптические технологии, устройства, датчики и системы // Спецвыпуск «Фотон-Экспресс» - Наука. - М.: ФЭ, 2005. -№6. - С. 114 – 127.

[10] Громов В.С. Многофункциональный датчик для электронных систем сбора данных // Электроника: Наука, технология, бизнес. - 2006. - №5. С. 96-101.

[11] Пат. 2091578 Российская Федерация, МПК8 G01K7/16. Способ измерения давления и температуры одним датчиком и устройство для его осуществления / Коловертнов Ю. Д., Коловертнов Г. Ю. и др.; заявитель

Уфимский Государственный нефтяной технический университет. – № 1995 128278/14; заявл. 04.10.95; опубл. 27.09.97, Бюл. № 5.

[12] Пат. 2145064 Российская Федерация, МПК8 G01L9/12, G01K7/34. Датчик давления и температуры и способ его изготовления / Казарян А.А.; заявитель Центральный аэрогидродинамический институт им. проф. Н.Е. Жуковского. - № 98115608/28, заявл. 13.08.1998; опубл. 27.01.2000, Бюл. № 7.

[13] Пат. 7421905 B2 US, G01L 1/24. Optical sensor with co-located pressure and temperature sensors / Paul S. Zerwekh, Daniel C. Blevins, Clark D. Boyd, Brooks Childers. - № 10/570049, заявл. 17.03.2005; опубл. 28.02.2006.

[14] Пат. 2002/0059827 A1 US, G01F 1/68. Combined flow, pressure and temperature sensor / Leif Smith. - № 10/022361, заявл. 20.12.2001; опубл. 23.05.2002.

[15] Клюев И.В. Новые технологии и приборы для измерения давления и температуры жидких и газовых сред // «ИСУП». – Рязань: ОАО «Теплоприбор», 2012. - № 4 (40). – С. 32-33.

Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А, Кабдолдина А.О., Кошкинбаева М.Ж.

Аралас қысым және температура датчиктерінің элементтері мен құрылымдарының математикалық модельдерін әзірлеу

Түйіндеме. Бұл мақалада аралас қысым мен температура сенсорларының компоненттері саласында математикалық модельдеудің заманауи принциптерін әзірлеу және енгізу қарастырылған. Жұмыста алғаш рет механикалық және жылу кернеулері мен деформациялардың сенсорлық элементтердің электрофизикалық сипаттамаларына әсерін талдау ұсынылады.

Датчиктерді жобалауға модульдік тәсілдің болашағы көрсетілген, бәсекеге қабілетті бағамен және шағын бизнесті тарта отырып, жоғары сапалы жаңа өнімдер жасауға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: біріктірілген сенсор, математикалық модель, оптикалық қабылдағыш, сигнал қуатын күшейткіш, жартылай өткізгіш сезімтал элемент.

[1,2]N.K. Smailov, [1,2]S.Zh. Koshkinbayev, [1,2]A.A. Abdykadyrov, [2]A.O. Kabdoldina., [2]A.U. Malikova., [1]Zh.R. Ualiev.,

([1]Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2] U.A.Dzholdasbekov Institute of Mechanics and mechanical Engineering Republic of Kazakhstan e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru)

COMBINED FIBER-OPTIC PRESSURE AND TEMPERATURE SENSOR

Abstract. The device refers to measuring equipment and can be used for remote monitoring of pressure and temperature in the oil industry, electrical industry, geological exploration, etc. The technical task is to improve the measuring device. The technical result is an increase in the accuracy of pressure measurements by taking into account the additional error from temperature. It is achieved by the fact that in the known device beamsplitters, micro-lenses, a micropositioner, a collimating lens, a working single-mode fiber with an aluminum coating for temperature measurement, a joint, a collecting lens, a photodetector, a signal power amplifier, a processing unit, a thermal compensation circuit are additionally introduced.

Keywords: optical sensor, light-emitting diodes, optical receiver, signal power amplifier, single-mode fiber with aluminum coating.

[1,2]Н.К. Смайлов, [1,2]С.Ж. Көшкінбаев, [1]Ж.Р. Уалиев, [1,2]А.А. Абдыкадыров, [2]А.О. Кабдолдина, [2]Ф.У. Маликова.

([1]Satbayev University, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы,
[2]Академик О.А. Жолдасбеков атындағы механики және машинатану институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru)

СОВМЕЩЕННЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ

Резюме. Прибор относится к измерительной технике и может быть использован для дистанционного контроля давления и температуры в нефтяной промышленности, космической промышленности, геологоразведке и др. Техническая задача заключается в совершенствовании измерительного прибора. Техническим результатом является повышение точности измерений давления за счет учета дополнительной погрешности от температуры. Это достигается тем, что в известное устройство дополнительно введены светоделители, микрообъективы, микропозиционер, коллимирующая линза, рабочее одномодовое волокно с алюминиевым покрытием для измерения температуры, шарнир, собирающая линза, фотоприемник, усилитель мощности сигнала, блок обработки, схема термокомпенсации.

Ключевые слова: оптический датчик, светоделители, оптический приемник, усилитель мощности сигнала, одномодовое волокно с алюминиевым покрытием.

ВВЕДЕНИЕ

Полезная модель относится к области измерительной техники и может быть использована для дистанционного контроля давления и температуры жидкости в нефтяной промышленности, электротехнической промышленности, геологоразведке и др.

Этот датчик позволяет измерять давление жидкости. Его недостатком является низкая чувствительность.

Наиболее близким к предлагаемому изобретению является волоконно-оптический интерферометр, предназначенный для измерения давлений в жидкости, содержащей полупроводниковый или газовый лазер, устройство для ввода излучения в оптическое волокно, оптическое волокно, лазерное излучение коллимируется системой и подается через оптическое волокно на полупрозрачную пластину или разделяющий пучок куб, микролинзы, микропозиционеры. Большая часть рабочего волокна помещается в исследуемый объем, а опорное волокно находится в стабильных внешних условиях. На выходе из рабочего и опорного волокон вводятся коллимирующие линзы, которые преобразуют расходящиеся фронты в плоские. Для объединения этих фронтов таким образом, чтобы можно было наблюдать интерференционную картину рабочей и опорной волн, используется артикулятор. Фотоприемник, расположенный в фокусе собирающей линзы, регистрирует результат интерференции опорной и исследуемой волн.

Мощность сигнала, регистрируемого на фотоприемнике, а следовательно, на выходе усилителя и на входе регистрирующей схемы, зависит от амплитуды фазовой модуляции.

Известный датчик предназначен для использования при постоянной температуре и характеризуется высокой дополнительной погрешностью при колебаниях температуры измеряемого объекта. Для учета влияния температуры необходимо использовать дополнительный датчик температуры.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Техническая задача заключается в совершенствовании измерительного прибора и расширении его функциональных возможностей за счет увеличения количества чувствительных элементов.

Изобретение направлено на повышение точности измерений и устранение погрешностей измерения давления и температуры.

Технический результат достигается тем, что известное устройство дополнительно содержит два разветвителя пучка с 50% прозрачностью, два микрообъектива, микропозиционер, коллимирующую линзу, рабочее одномодовое волокно с алюминиевым покрытием для измерения температуры, шарнир, собирающую линзу, расположенную последовательно вдоль пучка излучения, на выходе излучения из оптического волокна находится фотоприемник, усилитель, блок обработки и схема термокомпенсации.

Комбинированный волоконно-оптический датчик давления и температуры, содержащий лазерный излучатель, устройство ввода излучения в оптическое волокно, оптическое волокно, коллимирующую систему, светоделитель, микролинзы, микропозиционеры, опорные и рабочие одномодовые волокна для измерения давления, коллимирующие линзы, собирающую линзу, фотоприемник , усилитель, блок обработки, отличающийся тем, что два дополнительных светоделителя, две микролинзы, микропозиционер, коллимирующая линза расположены последовательно вдоль луча излучения., рабочее одномодовое волокно с алюминиевым покрытием для измерения температуры, артикулятор, собирающая линза , в фокусе которой расположен фотоприемник, на выходе которого расположен усилитель мощности сигнала, блок обработки и схема термокомпенсации.

Предлагаемый комбинированный датчик давления и температуры иллюстрируется чертежом, показанным на рис. 1 (Общий вид и разрезы по линиям А-А и Б-Б).

Комбинированный волоконно-оптический датчик давления и температуры содержит лазерный излучатель 1, Устройство для ввода излучения в оптическое волокно 2, оптическое волокно 3, коллимирующую систему 4, выполненную из двух последовательно расположенных компонентов: мениска и двояковыпуклой линзы, опорного волокна 12, рабочего волокна 13, рабочего волокна 14, имеющего алюминиевое покрытие, в промежуточной части оптического волокна расположены разветвители пучка 5, 6, 7, микролинзы 8, 9, микропозиционеры 10, 11, шарниры 18, 19, собирающие линзы 20 , 21, фотоприемники 22 расположены на выходе из оптических волокон, 23, усилители 24, 25, блоки обработки 26, 27, схема термокомпенсации 28.

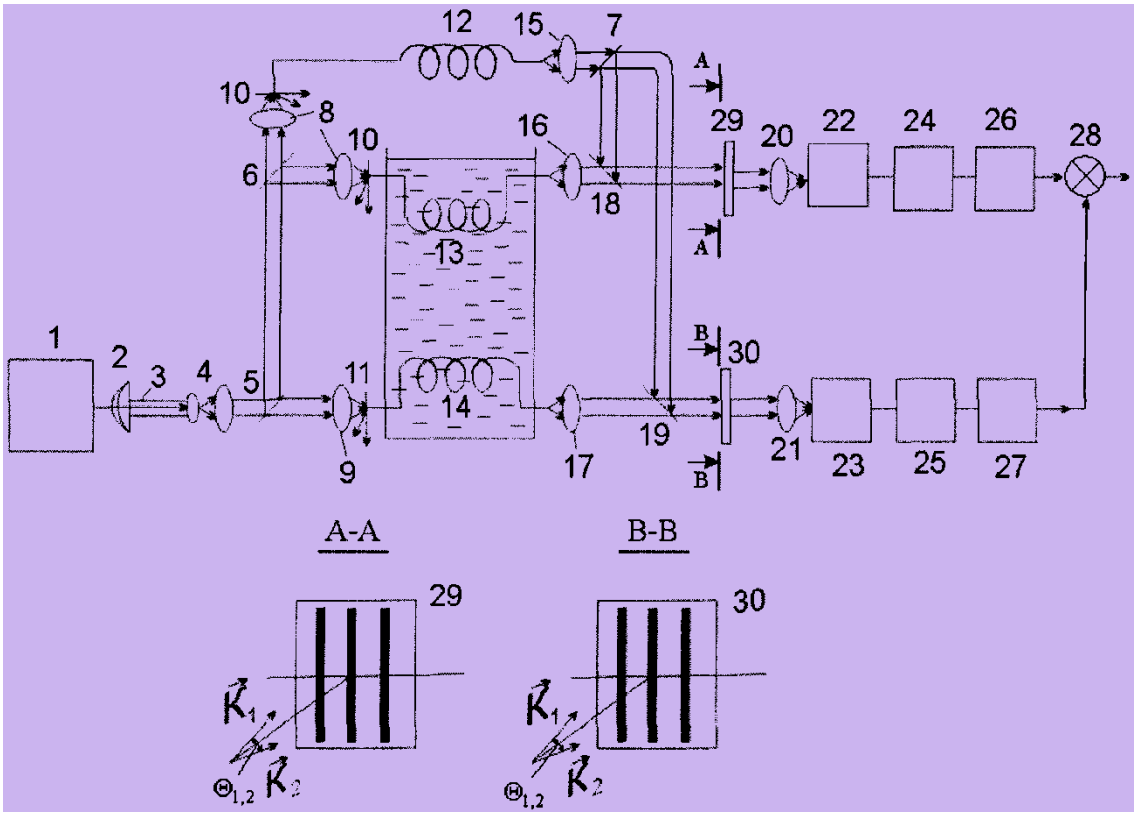


Рис. 1. Схема совмещенного оптического датчика давления и температуры

Устройство работает следующим образом.

Лазерное излучение 1 с помощью устройства ввода излучения 2 вводится в оптическое волокно 3 и коллимируется системой 4. Светоделитель 5 делит световой поток на два потока, один из которых предназначен для измерения температуры. Второй поток с помощью светоделителя 6 снова разделяется на два потока: исследуемый для определения давления и эталонный. Опорный и исследуемый потоки используются для создания интерференционной картины. После разветвителей пучка 5 и 6 микрообъективы 8 и 9 фокусируют оптические потоки на входные концы рабочих 13, 14 и опорных 15 одномодовых волокон. Микропозиционеры 10 и 11 используются для обеспечения эффективного ввода излучения в волокна (трехкоординатные сдвиги с точностью установки 1 мкм). Большинство рабочих волокон 13 и 14 помещены в исследуемый объем, а опорное волокно 12 находится в стабильных внешних условиях. Изменение фазы в рабочем волокне 13 происходит при приложении к нему давления. Изменение фазы в рабочем волокне 14 происходит при воздействии на него температуры. Нагрев рабочего волокна 14, имеющего алюминиевое покрытие, влияет на изменение фазы излучения, распространяющегося в волокне в результате изменения длины волокна и изменения его показателя преломления. На выходе из оптических волокон 12, 13, 14 вводятся коллимирующие линзы 16, 17, преобразующие расходящиеся фронты излучения в плоские.

Сочленения 18 и 19 используются для выравнивания волновых фронтов таким образом, чтобы в плоскостях 29 и 30 можно было наблюдать интерференционную картину рабочей и опорной волн. Известно, что если в некоторой области пространства существуют два когерентных и одинаково

поляризованные волны, волновые векторы которых (соответственно и) различаются только направлением, угол между которыми и равен Θ1.2, то в плоскости, перпендикулярной биссектрисе угла Θ1.2, будет наблюдаться картина интерференционных полос с периодом Λ.

Интерференционные полосы направлены перпендикулярно плоскости 30 (31), в которой лежат волновые векторы и, как показано в разрезе а-а на рис. 1. Регулируя наклон стыков 18, 19 (изменяется угол Θ1. 2), необходимо регулировать интерференционную картину таким образом, чтобы достичь оптимального периода интерференционных полос Λ. Интерференционная картина, обнаруживаемая фотоприемниками 22, 23, зависит от амплитуды фазовой модуляции, усилитель 24 и блок обработки 26 последовательно расположены на выходе фотоприемника 22, усилитель 25 и блок обработки 27

последовательно расположены на выходе фотоприемника 23. Для исключения дополнительной погрешности измерения давления из температурного контура термокомпенсации 28.

Бесспорным преимуществом распределенных датчиков является возможность осуществления непрерывного контроля параметров по длине (объему) объекта в любой его точке, где установлен сенсорный световод. Принцип действия таких сенсорных систем основан на анализе изменения параметров по длине световода и на нелинейных эффектах. Недостатком распределения измеряемого параметра по длине является относительно невысокая точность определения локализации возмущения (несколько метров по длине) и относительно невысокая точность измерения величины. Распределенные сенсорные системы могут быть использованы для контроля больших территорий в качестве датчиков радиации и температуры, позволяют анализировать градиенты температур на больших объектах, котлах и т.п.

Система на квазираспределенных датчиках объединяет преимущества первых двух схем. Квазираспределенный датчик представляет собой массив точечных сенсорных элементов, как правило, на основе внутриволоконных решеток, объединенных одним общим световодом. Каждый элемент обладает своими уникальными характеристиками, что позволяет проанализировать его состояние независимо от других сенсорных элементов. Точность таких систем определяется точностью отдельных датчиков, а массив может объединять до 100 и более элементов. Сенсорные массивы позволяют проводить мониторинг сложных объектов, инженерных сооружений, мостов, тоннелей, корпусов кораблей и летательных аппаратов, нефтяных скважин и т.п., анализировать градиент распределения температуры, нагрузок, давления, контролировать до 100 и более точечных объектов. Причем для этого используется только один волоконный световод и анализатор. Именно квазираспределенные системы по сравнению с электрическими аналогами обладают малым весом и размером, что особенно важно для авиации и космонавтики.

Таким образом, ВОД могут с успехом применяться для контроля температуры, механических напряжений, давления, в качестве гидрофона и других акустических датчиков, и, как отдельный класс, в качестве оптического гироскопа.

По классификации и принципу действия все ВОД можно разделить: на приборы с амплитудной модуляцией характеристик светового потока (интенсивность, оптической траектории) и на приборы с частотно-фазовой модуляцией (с решетками Брэгга), в которых модуляция проиводится за счет отражения и преломления луча на интерфероционных элементах, встроенных в оптоволокно.

Основными элементами ВОД, являются оптическое волокно, светоизлучающие (источник света) и светоприемные устройства, оптический чувствительный элемент. Кроме того, специальные линии необходимы для связи между этими элементами или для формирования измерительной системы с датчиком. Далее, для практического внедрения ВОД необходимы элементы системной техники, которые в совокупности с вышеуказанными элементами и линией связи образуют измерительную систему. Одним из основных видов ВОД являются датчики на основе внутриволоконных брэгговских решеток (БГ). Такая решетка представляет собой брэгговское зеркало, а именно, периодическую структуру пока-зателя преломления, изготовленную непосредственно в сердцевине волоконного световода. Подобная структура отражает свет в узком спектральном диапазоне. Запись решеток проводится в специальных фоточувствительных волоконных световодах благодаря фоторефрактивному эффекту. Основным свойством БГ является возможность отражать световой сигнал в узком спектральном диапазоне. Использование оптического волокна с алюминиевым покрытием в предлагаемом комбинированном волоконно-оптическом датчике давления и температуры в качестве чувствительного элемента отличает предлагаемый датчик от известных устройств, так как он расширяет функциональные возможности и устраняет погрешности измерения давления и температуры.

Проведены работы по патентным исследованиям: по патентам по классам G02B и G01L11/02 с 2006 по 2019 гг. Выбраны базовые конструкции в качестве которых использованы модульные конструкции цилиндрического или плоского типа чувствительным элементом (ЧЭ) которых является отрезок одномодового оптоволокна со сформированными определенным образом на его поверхности или в объеме локальных оптически неоднородных областей. В качестве базовых технологий изготовления датчика принята модульная, при которой в качестве ЧЭ используются готовые покупные брэгговские оптоволоконные решетки, сформированные лазером на специализированном оборудовании. Под действием ФВ, оптоволоконный ЧЭ деформируется в результате чего изменяются параметры отраженного излучения (частота, фаза, амплитуда), которые фиксируются вторичной аппаратурой. Выполнены теоретические исследования по методам совмещенного преобразования

физических (ФВ). Проведены теоретические исследования по совместимости методов измерения нескольких величин одним датчиком. Путем математического моделирования предложены критерии оценки технологической, энергоинформационной и конструкторской совместимости датчиков.

Проработаны вопросы совместимости методов преобразования давления и температуры в МД, для выработки конструктивных и технологических решений по выбору конструкций и технологий изготовления совмещенных волоконно оптических датчиков (ВОД). Рассмотрены проблемы разработки емкостных датчиков давления, работающих в экстремальных условиях эксплуатации. Рассмотрены проблемы управления и оптимизация технологических процессов формирования наноразмерных пленок чувствительных сенсорных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кузнецова Е.Ю., Стукач О.В. Волокно-оптический датчик измерения температуры / Молодёжь и современные информационные технологии. Материалы XII МНПК студентов, аспирантов и молодых учёных. Изд. НИУ ТПУ – 2014. – С. 55-56.

[2] Джеймс Браун. Распределенные системы контроля температуры на базе современных волоконно-оптических датчиков / Джеймс Браун, Денис Рогачев // Геология, геофизика.— 2005.— №1. - С. 5-11.

[3] Томышев К.А., Баган В.А., Астапенко В.А. Распределённые волоконнооптические датчики давления для применения в нефтегазовой промышленности. Труды МФТИ. — 2012.— Том 4, № 2. С. 64-72.

[4] Bandyopadhyay, S.; Canning, J.; Stevenson, M.; Cook, K. Ultra-high temperature regenerated gratings in boron codoped germanosilicate optical fibre using 193 nm. Opt. Lett. 2008, 33, 1917–1919.

[5] Canning, J.; Bandyopadhyay, S.; Stevenson, M.; Cook, K. Fibre Bragg Grating Sensor for High Temperature Application. Australian Conference on Optical Fibre Technology (ACOFT) & Opto-Electronics Communications Conference (OECCC), Darling Harbour, Sydney, Australia; 2008.

[6] AlanD.Kersey. Optical Fiber Sensors for Permanent Downwell Monitoring Applications in the Oil and Gas Industry. IEICE TRANS. ELECTRON. - 2000, №3, С. 400-404.

[7] Звей Нэй Зо. Разработка и исследование преобразователей давления и силы на основе оптического туннельного эффекта : автореф. дис. на 76 соиск. учен. степ. канд. тех. Наук (05.03.15) / Звей Нэй Зо; Московский Авиационны Институт (национальный исследовательский университет) – Москва, 2013. – 26 с.

[8] Пат. модель 111643 Российская Федерация, МПК7, G01K7. Преобразователь температуры на основе оптического туннельного эффекта [Текст] / Казарьян А.В., Жеглов М.А., Звей Нэй Зо, Бусурин В.И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет) (МАИ). – 2 с.

[9] Пат. 2474798 Российская Федерация, МПК G01L 11/02 . Волоконнооптический датчик давления [Текст] / Мурашкина Т.И.; заявитель и патентообладатель Мурашкина Татьяна Ивановна – 2 с.

[10] Гармаш В.Б., Егоров Ф.А., Коломиец Л.Н., Неугодников А.П., Поспелов В.И. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // ФотонЭкспресс. — 2005. — Т. 46, № 6.

Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А., Кабдолдина А.О., Маликова Ф.У.

Аралас талшықты-оптикалық қысым және температура датчигі

Түйіндеме. Аспап өлшеу техникасына жатады және мұнай өнеркәсібінде, электротехникалық өнеркәсіпте, геологиялық барлауда және т.б. қысым мен температураны қашықтықтан бақылау үшін пайдалануға болады. Техникалық нәтиже температурадан қосымша қателікті есепке алу есебінен қысымды өлшеудің дәлдігін арттыру болып табылады. Бұл белгілі құрылғыға қосымша жарық бөлгіштер, микрообъектілер, микропозиционер, коллимирлеуші линза, температураны өлшеу үшін алюминий жабыны бар жұмыс бір режимдік талшық, линза жинайтын топсалар, фотоқабылдағыш, сигнал қуатын күшейткіш, өңдеу блогы, термокомпенсация схемасы енгізілген.

Түйін сөздер: оптикалық сенсор, оптикалық қабылдағыш, сигнал қуатын күшейткіш, алюминий жабыны бар бір модалы талшық.

[1,2]N.K. Smailov, [1,2]S.Zh. Koshkinbayev., [1]Zh.R. Ualiev., [2]M.M. Baigulbayeva., A.K. Ozhiken

([1]Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2]U.A.Dzholdasbekov Institute of Mechanics and mechanical Engineering Republic of Kazakhstan e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru, zh-u@mail.ru)

DESIGN OF FIBER-OPTIC COMBINED PRESSURE AND TEMPERATURE SENSORS FOR SPACE INFRASTRUCTURE

Abstract. This article discusses the possibility of creating fiber-optic combined pressure and temperature sensors for space infrastructure. When developing sensors for the rocket and space industry, there is a difficult task of ensuring

the operability of sensors under the influence of the main factors that characterize the technical requirements for the development of devices. Another important object of the spacecraft, which, in fact, determines the performance of devices at the first, most important stage of launch, is the first-stage engine, in which sensors monitor all processes that occur in the engine: the pressure in the fuel and oxidizer tanks, the pressure and temperature in the gas generator, the speed of rotation of the turbopump unit, fuel and oxidizer consumption.

Keywords: optical sensor, optical receiver, signal power amplifier, combined MDS, rocket and space technology.

[1,2]Н.К. Смайлов, [1,2]С.Ж. Көшкінбаев, [1]Ж.Р. Уалиев, [2]М.М. Байгулбаева, [2]А.К. Ожикен
([1]Satbayev University, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы,
[2]Академик О.А. Жолдасбеков атындағы механики және машинатану институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, sauke49@mail.ru)

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ОПТОВОЛОКОННЫХ СОВМЕЩЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Резюме. В данной статье рассмотрены конструкций создания оптоволоконных совмещенных датчиков давления и температуры для космической инфраструктуры. При разработке датчиков для ракетно-космической промышленности возникает сложная задача обеспечения работоспособности датчиков под воздействием основных факторов, характеризующих технические требования, предъявляемые при разработке приборов. Еще одним важным объектом космического аппарата, который, по сути, определяет работоспособность приборов на первом, самом важном этапе пуска, является двигатель первой ступени, в котором датчики контролируют все процессы, происходящие в двигателе: давление в баках топлива и окислителя, давление и температуру в газогенераторе, частоту вращения турбонасосного агрегата, расход топлива и окислителя.

Ключевые слова: оптический датчик, оптический приемник, усилитель мощности сигнала, комбинированных МДС, ракетно-космическая техника.

ВВЕДЕНИЕ

Волоконно-оптические датчики давления и температуры работают объективно благодаря двум основным элементам: самой оптике и базе, расположенной в защищенном шкафу и обеспечивающей обработку и анализ информации.

Ранний расчет рабочих температур кабеля, позволит внедрить оптическое волокно еще на стадии его изготовления. В случае, когда оптическое волокно устанавливается на уже работающую линию электропередачи, оптоволоконный кабель крепится как можно ближе к измеряемому кабелю. Метод внешней фиксации имеет меньшую точность измерений и большее воздействие на внешнюю среду, однако он также имеет место и позволяет поддерживать существующую систему до тех пор, пока она не будет заменена на лучшую.

Шкафы, которые принимают сигналы, имеют в себе все необходимые устройства. Это как измерительные приборы, так и специальные компьютеры, оснащенные уникальным программным обеспечением, позволяющим обрабатывать поступающие сигналы и анализировать их на основе заданных параметров.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

При разработке датчиков для ракетно-космической промышленности возникает сложная задача обеспечения работоспособности датчиков под воздействием основных факторов, характеризующих технические требования, предъявляемые при разработке приборов: - диапазон воздействия температур от -253 ° С до +3000 ° с; - тепловой удар до 5000 град / с; - вибрация в диапазоне от 6 д до 2500 д с частотой от 1 до 10000 Гц; - ударные нагрузки до 1500 д с длительностью (0,5 ... 5) мс; - акустический шум в диапазоне от 120 дБ до 170 дБ; - надежность от 0,99 до 0,999 [1, 2].

В изделиях и системах ракетно-космической техники (РКТ) измеряется огромное количество физических величин, основными из которых являются давление и температура (рис. 1).

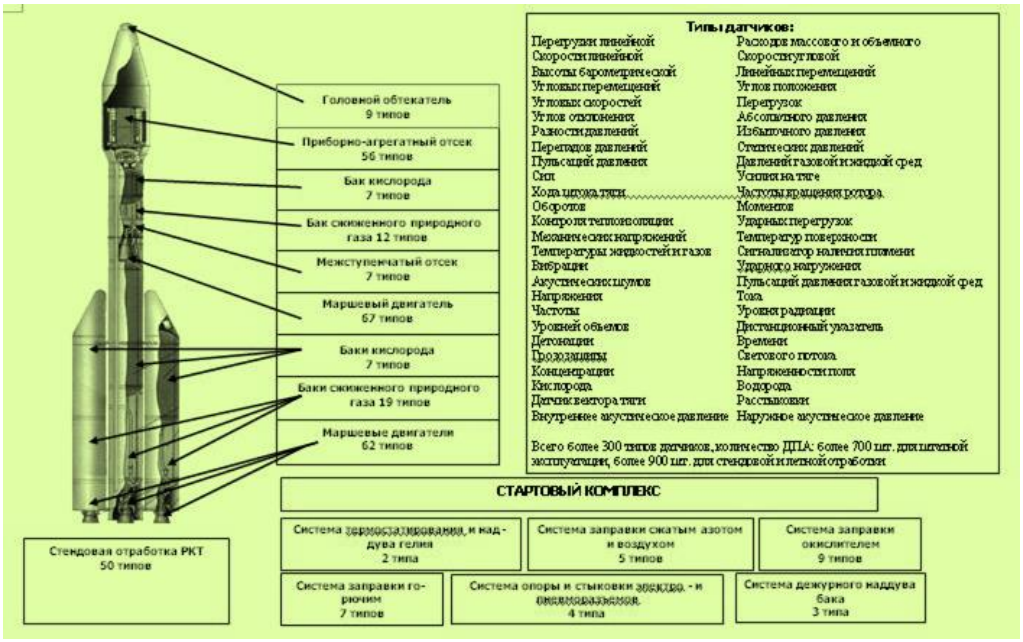


Рис. 1. Типы датчиков, используемых в системах и комплексах РКТ

Еще одним важным объектом космического аппарата, который, по сути, определяет работоспособность приборов на первом, самом важном этапе пуска, является двигатель первой ступени (рис. 2), в котором датчики контролируют все процессы, происходящие в двигателе: давление в баках топлива и окислителя, давление и температуру в газогенераторе, частоту вращения турбонасосного агрегата, расход топлива и окислителя и др. ...

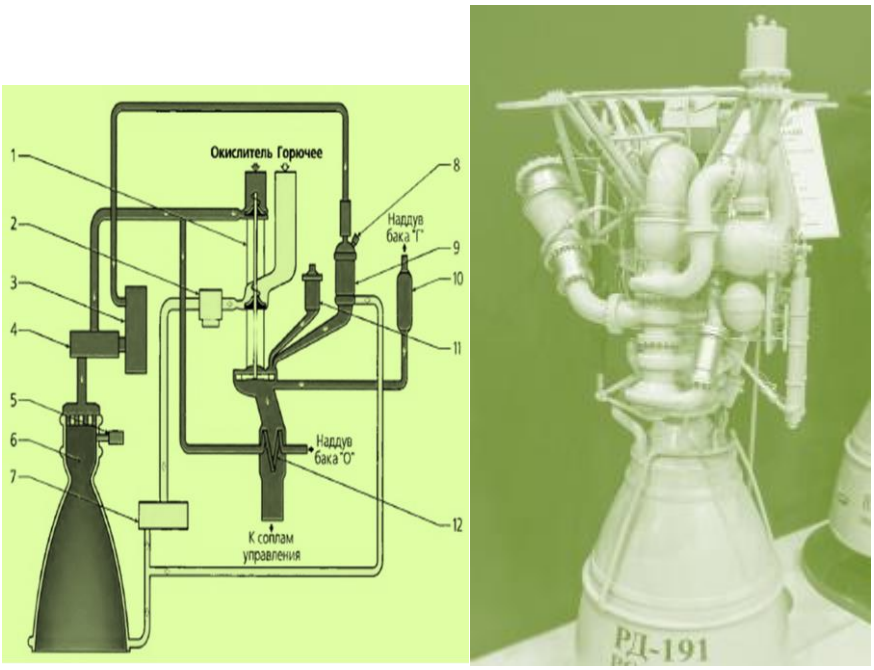


Рис. 2. Принципиальная схема двигателя РД-191: 1 – запальник;
2 – газогенератор; 3 – смеситель; 4 – пиростартер; 5 – испаритель;
6 – клапан горючего; 7 – камера сгорания; 8 – запальник; 9 – клапан окислителя; 10 – регулятор;
11 – дроссель; 12 – турбонасосный агрегат

Помимо РКТ, для многих отраслей науки, промышленности и техники основными измеряемыми параметрами являются до 50 ... 60% - это также: давление и температура. Использование МДС, измеряющих одновременно несколько параметров, позволяет исследовать сложные явления, такие как,

например, измерение стационарных и нестационарных силовых и температурных полей, возникающих при аэродинамических испытаниях космической техники, эксплуатации различных энергетических установок-турбин, самолетов и др. Одновременное измерение давлений, температур и вибраций является актуальной проблемой в электроэнергетике при эксплуатации турбин, компрессорных агрегатов и мощных насосов, так как именно сочетание этих параметров позволяет судить о режимах и работоспособности указанного технологического оборудования. Применение комбинированных МДС позволяет не только повысить информативность измерений, но и значительно сократить номенклатуру и количество датчиков на объекте.

Следует отметить, что из существующих и применяемых в отдельных узлах и системах ракетно - космических аппаратов МД большинство требований может быть наиболее полно удовлетворено ФОС, которые в настоящее время начинают разрабатываться и внедряться во многих стратегических отраслях промышленности.

Все ВОД можно условно разделить на три типа: точечные, распределенные и квазираспределенные. Точечные, как следует из названия, позволяют проводить измерения и контролировать параметры в определенной точке объекта, как и большинство других типов не волоконных датчиков. Как правило, такие датчики обладают малым размером и высокой точностью измерения. Они могут быть использованы в качестве локальных термометров, тензодатчиков, датчиков давления, акселерометров и т.п. В зависимости от типа сенсорного элемента локализация датчиков может достигать 0.1 см2, как в случае брэгговского чувствительного элемента.

Бесспорным преимуществом распределенных датчиков является возможность осуществления непрерывного контроля параметров по длине (объему) объекта в любой его точке, где установлен сенсорный световод. Принцип действия таких сенсорных систем основан на анализе изменения параметров по длине световода и на нелинейных эффектах. Недостатком распределения измеряемого параметра по длине является относительно невысокая точность определения локализации возмущения (несколько метров по длине) и относительно невысокая точность измерения величины. Распределенные сенсорные системы могут быть использованы для контроля больших территорий в качестве датчиков радиации и температуры, позволяют анализировать градиенты температур на больших объектах, котлах и т.п.

Система на квазираспределенных датчиках объединяет преимущества первых двух схем. Квазираспределенный датчик представляет собой массив точечных сенсорных элементов, как правило, на основе внутриволоконных решеток, объединенных одним общим световодом. Каждый элемент обладает своими уникальными характеристиками, что позволяет проанализировать его состояние независимо от других сенсорных элементов. Точность таких систем определяется точностью отдельных датчиков, а массив может объединять до 100 и более элементов. Сенсорные массивы позволяют проводить мониторинг сложных объектов, инженерных сооружений, мостов, тоннелей, корпусов кораблей и летательных аппаратов, нефтяных скважин и т.п., анализировать градиент распределения температуры, нагрузок, давления, контролировать до 100 и более точечных объектов. Причем для этого используется только один волоконный световод и анализатор. Именно квазираспределенные системы по сравнению с электрическими аналогами обладают малым весом и размером, что особенно важно для авиации и космонавтики.

Существует множество различных способов построения сенсорных систем на основе БГ. В простейшем случае сенсорная система представляет собой точечный датчик, соединенный через оптический разветвитель с источником светового сигнала и блоком анализатора (рис.3). Сигнал от источника отражается сенсорным элементом. Длина волны отражения фиксируется блоком анализатора.

Как правило, анализатор (Bragg grating interrogator) представляет собой узкополосный спектрометр. Существуют спектрометры различных типов: от стандартных дифракционных, где в качестве дисперсионного элемента используется дифракционная решетка, до анализаторов на основе интерферометра Фабри-Перо. Путем сканирования ширины интерферометра можно проанализировать оптический спектр отражения сенсора.

Основными элементами в ВОД с частотной и фазовой модуляцией, являются лазер, оптоволокно и БГ, поэтому рассмотрим их более подробно.

Лазерные и интерференционные сенсорные системы на основе БГ.

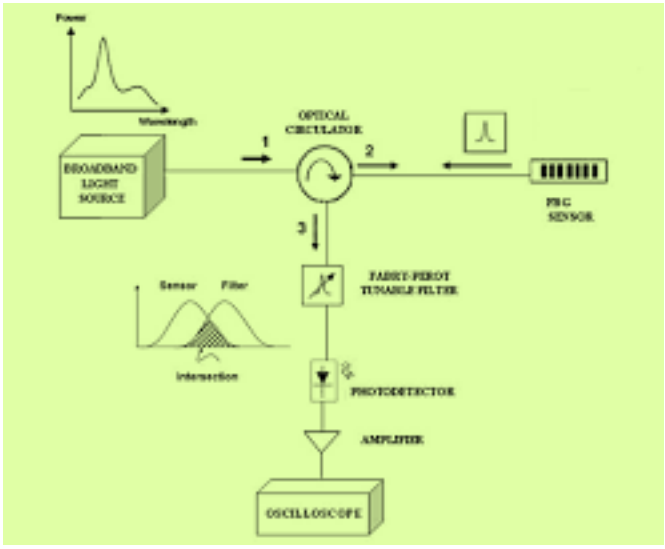


Рис. 3. Схема простейшего брэгговского ВОД

Принципиально другой системой являются волоконно-оптические лазерные сенсорные элементы. В качестве активного вещества используется легированный эрбием световод, а роль лазерных зеркал выполняют БГ. При изменении внешних условий изменяются параметры БГ и, соответствен-но, параметры генерации волоконного лазера, которые анализируются спектрометром. Вместо источника сигнала используется накачка волоконного лазера.

Комбинированные системы с использованием длиннопериодных решеток.

Длиннопериодные внутриволоконные решетки, в отличие от БГ, не отражают сигнал, однако также имеют свой уникальный спектр пропускания за счет спектрально-селективного рассеяния, зависящего от периода решетки и структуры световода. В длиннопериодной решетке расстояние между штрихами много боль-ше длины волны, а ее спектр определяется интерференцией основной и оболочечных мод. Интересно, что зависимость спектра пропускания от температуры длиннопериодной решетки по сравнению с БГ носит принципиально другой характер. Более того, в зависимости от структуры световода изменения в спектре с ростом температуры может быть как положительным, так и отрицательным. На основе этого явления была разработана относительно простая сенсорная система, позволяющая разделить вклады деформационной составляющей и температуры (рис.4). Спектр отражения такой системы показан на этом же рисунке. Пунктирная огибающая представляет собой спектр пропускания длиннопериодной решетки.

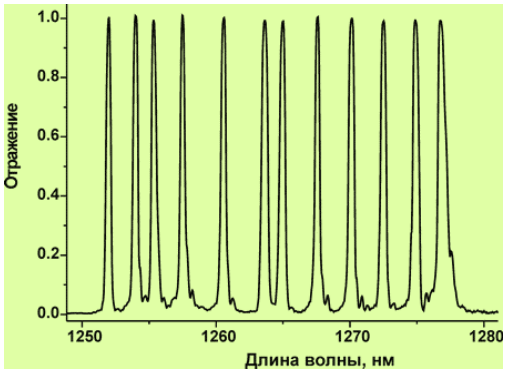


Рис. 4. Спектр отражения серии волоконных БГ
в системе измерения температуры и деформации

Датчики физических величин на основе БГ

В настоящее время волокно с брэгговскими решетками (ВБР) рассматриваются как один из наиболее перспективных чувствительных элементов ВОД. К числу их основных преимуществ можно отнести: защищенность от воздействия электромагнитных полей, высокую чувствительность, надежность, воспроизводимость и широкий динамический диапазон измерений, возможность спектрального и пространственного мультиплексирования чувствительных элементов,

расположенных в одном или в нескольких световодах, значительное расстояние до места проведения измерений, малое время отклика на изменение измеряемой величины, высокую коррозионную и радиационную стойкость, малые габариты и вес, и ряд других.

Как уже отмечалось, резонансная длина волны lBG зависит от температуры световода и от приложенных к нему механических растягивающих или сжимающих напряжений. Это обстоятельство лежит в основе использования ВБР в качестве чувствительных элементов датчиков физических величин.

Будут проведены работы по математическому моделированию структур и элементов ВОД. Будет разработано техническое задание.

Проводятся работы по разработке математической модели элементов и структур совмещенных МД. Разработаны концепции создания МД и разработаны технические задания. Также сформулировано теория многофункционального преобразования.

Предложено большое число способов измерения смещения lBG. Наиболее прямым из них является измерение спектра пропускания/отражения решетки с помощью широкополосного источника излучения и спектроанализатора либо с помощью узкополосного перестраиваемого лазера и фотоприемника. Такой способ является нечувствительным к оптическим потерям, которые могут возникать в оптическом тракте при проведении измерений, и обеспечивает высокую точность измерений lBG. Вместе с тем такая схема регистрации использует достаточно дорогостоящее оборудование и имеет ограниченное быстродействие.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Кузнецова Е.Ю., Стукач О.В. Волокно-оптический датчик измерения температуры / Молодёжь и современные информационные технологии. Материалы XII МНПК студентов, аспирантов и молодых учёных. Изд. НИУ ТПУ – 2014. – С. 55-56.

[2] Джеймс Браун. Распределенные системы контроля температуры на базе современных волоконно-оптических датчиков / Джеймс Браун, Денис Рогачев // Геология, геофизика.— 2005.— №1. - С. 5-11.

[3] Томышев К.А., Баган В.А., Астапенко В.А. Распределённые волоконнооптические датчики давления для применения в нефтегазовой промышленности. Труды МФТИ. — 2012.— Том 4, № 2. С. 64-72.

[4] Bandyopadhyay, S.; Canning, J.; Stevenson, M.; Cook, K. Ultra-high temperature regenerated gratings in boron codoped germanosilicate optical fibre using 193 nm. Opt. Lett. 2008, 33, 1917–1919.

[5] Canning, J.; Bandyopadhyay, S.; Stevenson, M.; Cook, K. Fibre Bragg Grating Sensor for High Temperature Application. Australian Conference on Optical Fibre Technology (ACOFT) & Opto-Electronics Communications Conference (OECCC), Darling Harbour, Sydney, Australia; 2008.

[6] AlanD.Kersey. Optical Fiber Sensors for Permanent Downwell Monitoring Applications in the Oil and Gas Industry. IEICE TRANS. ELECTRON. - 2000, №3, С. 400-404.

[7] Звей Нэй Зо. Разработка и исследование преобразователей давления и силы на основе оптического туннельного эффекта : автореф. дис. на 76 соиск. учен. степ. канд. тех. Наук (05.03.15) / Звей Нэй Зо; Московский Авиационны Институт (национальный исследовательский университет) – Москва, 2013. – 26 с.

[8] Пат. модель 111643 Российская Федерация, МПК7, G01K7. Преобразователь температуры на основе оптического туннельного эффекта [Текст] / Казарьян А.В., Жеглов М.А., Звей Нэй Зо, Бусурин В.И.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Московский авиационный институт (государственный технический университет) (МАИ). – 2 с.

[9] Пат. 2474798 Российская Федерация, МПК G01L 11/02 . Волоконнооптический датчик давления [Текст] / Мурашкина Т.И.; заявитель и патентообладатель Мурашкина Татьяна Ивановна – 2 с.

[10] Гармаш В.Б., Егоров Ф.А., Коломиец Л.Н., Неугодников А.П., Поспелов В.И. Возможности, задачи и перспективы волоконно-оптических измерительных систем в современном приборостроении // ФотонЭкспресс. — 2005. — Т. 46, № 6.

Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Байгулбаева М.М., Ожикен А.К.

Ғарыш инфрақұрылымы үшін қысым мен температураның оптоталшықты біріктірілген датчиктерінің құрылымдарын әзірлеу

Түйіндеме. Бұл мақалада ғарыштық инфрақұрылым үшін қысым мен температураның оптоталшықты біріктірілген датчиктерін жасау конструкциялары қарастырылған. Зымыран-ғарыш өнеркәсібіне арналған датчиктерді әзірлеу кезінде аспаптарды әзірлеу кезінде қойылатын техникалық талаптарды сипаттайтын негізгі факторлардың әсерінен датчиктердің жұмыс қабілеттілігін қамтамасыз етудің күрделі міндеті туындайды. Ғарыш аппаратының тағы бір маңызды объектісі іске қосудың бірінші, ең маңызды кезеңінде аспаптардың жұмыс қабілеттілігін анықтайтын, датчиктер қозғалтқышта болып жатқан барлық процестерді: отын мен тотықтырғыштың бактарындағы қысымды, газ генераторындағы қысым мен температураны, турбонассалы агрегаттың айналу жиілігін, отын мен тотықтырғыштың шығынын бақылайтын бірінші сатылы қозғалтқыш болып табылады.

Түйін сөздер: оптикалық сенсор, оптикалық қабылдағыш, сигнал қуатын күшейткіш, зымыран-ғарыштық техника.

УДК 004.942

G. N. Tursyngaliyeva, K. M. Sagindykov, A. A. Konyrkhanova
(L. N. Gumilyov Eurasian national University, Kazakhstan, Nur-Sultan,
E-mail: gulim_tursyngali@mail.ru)

VISUALIZATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF INTERACTION BETWEEN ETHNIC GROUPS USING A PROGRAMMING LANGUAGE

Abstract. In this paper, computer studies of the mathematical model of the dynamics of ethnic groups based on the sociological theory of T. Parsons and the methodology for determining the Nash equilibrium were carried out. This model characterizes the development of four subsystems of ethnic groups: political, economic, ethnic and institutions of the Assembly of people of Kazakhstan (APK). Subsystems have interaction and interdependence, as well as integral properties that try to preserve the integrity of the system.

The purpose of the work was to identify and establish constructive ways to resolve social conflicts, to establish a serious way to take into account the interests of various subsystems of society. The subsystems mentioned above are distributed within the framework of Parsons ' theory, since this theory offers an effective way to resolve social conflicts. The C#programming language was used to create software hardware.

The result of this work is to solve the problems of building a mathematical model and computer analysis of the model of ethnic groups of the Republic of Kazakhstan and the role of the Assembly of people of Kazakhstan in the stabilization of society.

Keywords: mathematical modeling, ethnic groups, social tension, object-oriented programming

Г. Н.Турсынгалиева, К.М. Сагиндыкова, А.А. Конырханова
(Евразийский национальный университет им.Л. Н. Гумилева, Казахстан,
г.Нур-Султан, E-mail gulim_tursyngali@mail.ru)

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ЯЗЫКА

Аннотация. В данной работе были проведены компьютерные исследования математической модели динамики этнических групп, построенной исходя из социологической теории Т. Парсонса и методологии определения Нэшевого равновесия. Данная модель характеризует развитие четырех подсистем этнических групп: политических, экономических, этнических и институтов Ассамблеи народа Казахстана (АНК). Подсистемы обладают взаимодействием и взаимозависимостью, а также интегральными свойствами, которые пытаются сохранить целостность системы.

Целью работы было выявление и установление конструктивных путей разрешения общественных конфликтов, установление серьезного пути учета интересов различных подсистем общества. Указанные выше подсистемы распределены в рамках теории Парсонса, так как эта теория предлагает эффективный способ разрешения общественных конфликтов. Для создания программного оборудования использовался язык программирования C#.

Результатом выполнения данной работы является решение проблем построения математической модели и компьютерного анализа модели этнических групп Республики Казахстан и роли Ассамблеи народа Казахстана в стабилизации общества.

Ключевые слова: математическое моделирование, этнические группы, общественная напряженность, объектно-ориентированное программирование

Моделирование динамических систем является одной из самых сложных и актуальных проблем социализации. Математические модели обладают значительными достижениями в изучении многих социальных процессов. На первых работах были разработаны модели социально-демографических процессов, рассмотрены проблемы экологии, влияющие на развитие общества.

Область моделирования этнических процессов очень новая и недостаточно изученная, однако есть публикации. Среди исследователей, внесших значительный вклад В развитие науки, были В. В. Васильков, Т. И. Заславская, Ю. М. Плотинский, А. А. Самарский и А. П. Михайлов, В. А. Шведовский, Е. В. Шишкин, А. Г. Чхарташвилли, А. К. Гуц, А. А. Лаптев и др. Ю.М. Плотинский и А.А. Лаптев работали над изучением математических моделей социальных систем и предложили свои работы в этом направлении [1, 2].Ученые Омского государственного университета под руководством профессора А. К. Гуца выпустили несколько учебных пособий [3, 4] и компьютерных программ для имитационного моделирования этнических процессов. Эти работы охватывали различные нюансы развития этнических систем.

Многие исследователи отмечают связь процессов глобализации, усиления культуры и межнациональных противоречий. Этническая глобализация рассматривается как новое явление. Несколько прогнозов в этой области явились проявлением постепенного распада национальной глобальной космополитической культуры, падения нацистских государств и создания наднационального правительства и показали реальную актуальность этнической проблемы.

Рост старых и появление новых конфликтов в сфере межэтнических отношений, кризис в политике западных обществ позволили известному британскому исследователю Э. Смиту сделать вывод о "глобальной этнической модернизации" [5].

Исходя из вышесказанного, одним из важных условий, позволяющих сделать какие-либо социальные преобразования для развития государства, является межэтническое согласие. Поэтому в многонациональном Казахстане он является фундаментом социальной стабильности и гражданского согласия, который является основной составляющей успешного развития страны.

В современной математической науке проблема анализа межэтнических процессов в Казахстане еще не на должном уровне охвачена и не изучена. Поэтому это исследование проводилось не только в математической науке, но и на основе опыта зарубежных исследователей и ученых в области связанных дисциплин: этнологии, политологии, социологии, экономики.

Для математического описания этнических групп в Казахстане использовались системные методы Талькота Парсонса и Нэша [6]. На основе этих подходов были разработаны дифференциальные уравнения, характеризующие динамику фазовых переменных данной системы. Дифференциальные уравнения характеризуют развитие четырех подсистем этнических групп: политических, экономических, этнических и институтов Ассамблеи народа Казахстана (АНК). Системы состоят из составляющих элементов, которые находятся во взаимосвязи и взаимозависимости.

Элементы обладают интегральными свойствами и сохраняют целостность системы. Любое изменение позиции части, безусловно, приводит к изменению других частей. В любой системе выделяется постоянная связь элементов, связь между системой и ее частями, а также функция-выполняемая роль элемента, структура, вводящая определенное действие в общую деятельность.

Модель этнических групп в Казахстане рассматривается системой следующих четырех дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dL}{dt} = k_{LL}(e^{\delta P-\delta_1}-1)\cdot L + k_{LE}\, e^{-\mu E+\mu_1}\cdot E + k_{LT}(P-P_1)(T+H)\cdot L \\ \frac{dE}{dt} = k_{EE}(e^{\delta P-\delta_1}-1)\cdot E - k_{EL}\, e^{-\gamma E+\gamma_1}\cdot L - k_{ET}(P-P_2)(T+H)\cdot E \\ \frac{dT}{dt} = k_{TL}(L^2+E^2) - k_1\cdot T - k_{TH}\cdot H^2 \\ \frac{dH}{dt} = k_{HL}\cdot L^2 - k_2\cdot H - k_{HT}\cdot T^2 \\ L|_{t=0} = L_0, \quad E|_{t=0} = {}_0, \quad T|_{t=0} = T_0, \quad H|_{t=0} = H_0 \end{cases} \qquad (1)$$

Данная модель была полностью изучена и рассмотрена в предыдущих статьях [7, 8, 9, 10]. В частности, динамика системы характеризуется следующими составляющими: L(t) – развитие политической системы, E (t) — экономическая, H (t) — динамика АНК-института. Развитие

этнических групп {T} измеряется количеством этнических групп Казахстана, в которых осуществляется интеграция общества. Время t-непрерывное и рассчитывается по годам. Основным параметром управления является пассионарное напряжение P.

Рассмотрим L, когда есть политическая дифференциация и E - степень постоянной адаптации, то есть, закрепленная на определенном уровне и не изменяющаяся во времени. Затем можно предположить, что в этом случае эти переменные будут равны некоторым стабилизорам.

$$\begin{cases} \frac{dT}{dt} = k_{TL}(L^2 + E^2) - k_1 \cdot T - k_{TH} \cdot H^2 \\ \frac{dH}{dt} = k_{HL} \cdot L^2 - k_2 \cdot H - k_{HT} \cdot T^2 \\ T|_{t=0} = T_0, H|_{t=0} = H_0 \end{cases} \quad (2)$$

Допустим, что для облегчения исследования равны следующим коэффициентам:

- коэффициенты, характеризующие долю политических систем, влияющих на изменение этнических групп, и институт Ассамблеи народа Казахстана (АНК), т. е. $k_{TL} = k_{HL}$

- интенсивность потерь этнических групп и Института АНК, т. е. $k_1 = k_2$;

-коэффициенты взаимодействия этнических групп и Института АНК, т. е. $k_{TH} = k_{HT}$.

Введем новые обозначения: $s_1 = k_{TL}(L^2 + E^2)$, $s_2 = k_{HL} \cdot L^2$, $k = k_1 = k_2$, $l = k_{KD} = k_{DK}$ и предполагаем, что s_1, s_2, k, l положительные коэффициенты и k линейно зависят от положительного параметра P. И заметим, что $s_1 \geq s_2$. Также обозначим переменные T и H на x и y, соответственно и на начальные данные T_0, H_0 не накладываем никаких ограничений.

Тогда получим систему уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = s_1 - k \cdot x - l \cdot y^2, \\ \frac{dy}{dt} = s_2 - k \cdot x - l \cdot y^2, \\ x|_{t=0} = x_0, y|_{t=0} = y_0, \end{cases} \quad (3)$$

На следующем этапе рассмотрим визуализацию математической модели с помощью программных языков.

Использование специальных программных средств, позволяющих широкие графические возможности в моделировании, - эффективный путь для модельной визуализации. Инструментальные программные средства позволяют удобно предоставлять цифровые и другие данные в виде графиков, диаграмм и т. д. С помощью различных инструментов анимации можно увидеть динамику развития определенных процессов и объектов, наглядно показывать результаты работы модели. Компьютер позволяет предложить все параметры (на экране) и их взаимосвязь, что, в свою очередь, облегчает работу по исследованию компьютерной модели [11, 12].

В связи с тем, что объектно-ориентированные языки программирования (C++, C#, Python, Java и т. д.) имеют множество дополнительных документов и программных средств, предпочтительны для построения программного обеспечения такой математической модели. Поэтому анализируем качество работы системы данных уравнений в среде языка программирования C# путем графического изображения. Для построения необходимого графика для анализа по модели использована возможность класса ZedGraphControl на платформе. NET Framework [13,14,15]. С использованием данного языка программирования, как и на рис. 1, получена кривая, отражающая динамику взаимодействия этнических групп. Значения коэффициентов уравнений следующие: s_1=1,3, s_2=1,7, k3=0,5, k_4=0,7, l=2,5, P=1,5.

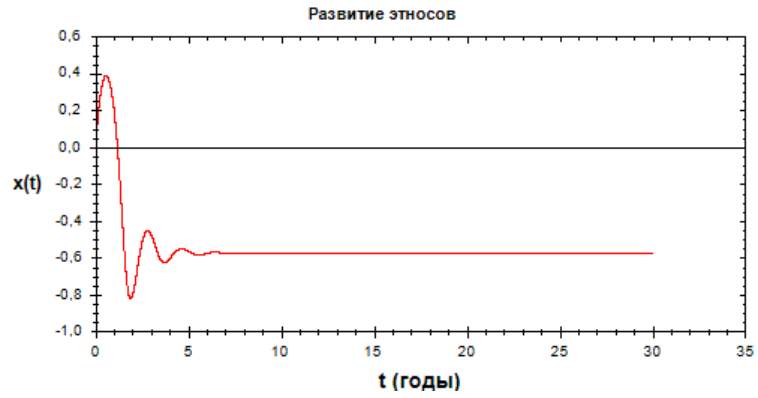


Рис. 1. Динамика развития взаимодействия этнических групп

Динамика института Ассамблеи народа Казахстана в этих значениях представлена на рис. 2. То есть, стабильность и взаимодействие этносов в обществе влияют и на деятельность этого института АНК, а также на динамику его функционирования.

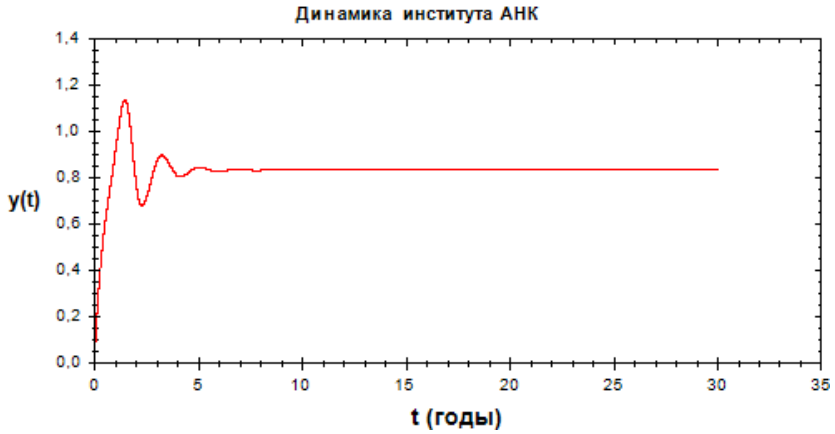


Рис. 2. Динамика института АНК

Теперь рассмотрим изменение качественного изображения решения системы в зависимости от параметра P.

С помощью компьютерного исследования наблюдалась динамика взаимного расположения двух парабол, а также кривые, позволяющие определить состояние равновесия: $\Delta(x,y)=0$, $\sigma^2(x,y)-4\Delta(x,y)=0$, здесь

$$\Delta(x,y)=k_3\cdot k_4\cdot P^2-4l^2xy$$

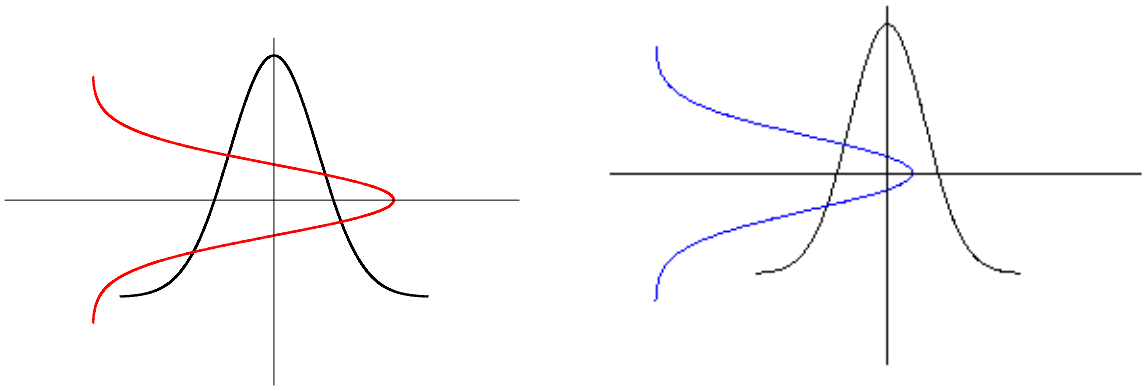
$$\sigma(x,y)=-k_3\cdot P-k_4\cdot P\ ,$$

$$\sigma^2(x,y)-4\Delta(x,y)=P^2(k_3-k_4)^2+4l^2xy.$$

Эта модель упрощена, но облегчение не является чрезмерным огрублением. Линейные пограничные условия в приложении принятые к конкретным задачам должны быть переведены на решение логистического уравнения – кривой, т. е., $P(t)=\frac{KP_0e^{rt}}{K+P_0(e^{rt}-1)}$.

Принятые в вышеназванном анализе линейные пограничные условия относительно отличаются от принятых, но как первое приближение и в целях наглядности решения считаются приемлемым вариантом линейных исходных условий, по сути-задача в таком приближении позволяет аналитическому решению, при котором задача становится невозможной в условиях нелинейных исходных условий.

В случае же использования в качестве начальных условий кривой вида $P(t) = \frac{KP_0e^{rt}}{K+P_0(e^{rt}-1)}$. Задача становится существенно сложнее, но тем не менее основные выводы нашего исследования остаются практически прежними, в качестве иллюстрации рассчитаем число особых точек для нелинейных начальных условий, см. рис. 3. Дифференцирование кривой решения логистического уравнения вместо параболы даст гауссиану.



a) b)

Рис. 3. Число пересечений кривых в окрестности начала координат.

Проведенное исследование в среде программирования C# позволило эффективно рассмотреть изменение картины решения при изменении параметров значений P из некоторой числовой части и подтвердить результаты по определению состояния равновесия, полученные в аналитическом виде.

Использование методов математического моделирования при описании этносоциальных явлений позволяет преодолеть многие недостатки вербального описания. Оно дает возможность полнее и качественнее проводить исследования, а также предсказывать динамику изучаемых процессов и явлений.

Результатом выполнения данной работы является решение проблем построения математической модели и компьютерного анализа модели этнических групп Республики Казахстан и роли Ассамблеи народа Казахстана в стабилизации общества.

Данная модель по заданному набору характеристик *позволит имитировать возникновение проблемных ситуаций и заблаговременно вносить изменения.*

ЛИТЕРАТУРА

[1] Лаптев А.А. Математическое моделирование глобальных социальных процессов // Дисс. на соискание уч. степени кандидата ф.-м. наук. — Омск, 2002.

[2]Плотинский Ю.М. Модели социальных процессов: Учебное пособие для высших учебных заведений. - Изд. 2-е, М.: Логос, 2001.-296 с.

[3] Гуц А.К., Паутова Л.А., Фролова Ю.В. Математическая социология: Учебное пособие. - Омск: Наследие. Диалог-Сибирь, 2003.

[4] Гуц А.К., Коробицын В.В., Лаптев А.А., Паутова Л.А., Фролова Ю.В. Математические модели социальных систем: Учебное пособие. — Омск: Омск, гос. ун-т, 2000. - 256 с.

[5] Смит Э. Национализм и модернизм: Критический обзор современных теорий наций и национализма / Пер. с англ. А. В. Смирнова, Ю. М. Филиппова, Э. С. Загашвили и др. - М.: Праксис, 2004. – С. 392.

[6] Парсонс Т. Понятие общества: компоненты и их взаимоотношения II Тезис. - Т.1. - N.2. – С.93

[7] Сагиндыков К.М., Конырханова А.А., Турсынгалиева Г.Н. Қазақстан халықтарының әлеуметтік-этникалық қатынастарының математикалық моделі. Вестник Алматинского университета энергетики и связи. – 2019. -№1(44).- С.38.

[8] Сагиндыков К.М., Турсынгалиева Г.Н. Әлеуметтік топтың математикалық моделі мен программалық жабдығын құру негіздері. Вестник государственного университета имени Шакарима города Семей. №4 (84). - Семей. - 2018. – С. 64.

[9] Турсынгалиева Г.Н. Әлеуметтік топтардың ахуалын сипаттайтын динамикалық модельдер. Eurasian Global Science Forum 2018. Proceedings – Астана: Eurasian Center of Innovative Development «DARA», – Astana. – 2018. – P.28.

[10] Sagindykov K., Tursyngaliyeva G. Mathematical Modeling ofthe Stability of the Assembly of People to External and Internal Destabilizing Effects. Materials of the IV International Scientific-Practical Conference "The Europe and the Turkic World:Science, Engineering and Technology". –Istanbul.- 2019. – p.256-259.

[11] Гуц А. К., Коробицын В. В., Лаптев А. А., Паутова Л. А., Фролова Ю. В. Компьютерное моделирование. Инструменты для исследования социальных систем: Учебное пособие. Омск: Омск. гос. ун-т, 2001. - 92 с.

[12] Гуц А. К., Коробицын В. В., Лаптев А. А., Паутова Л. А., Фролова Ю. В. Социальные системы. Формализация и компьютерное моделирование: Учебное пособие. Омск: Омск. гос. ун-т, 2000. -160 с.

[13] Нэш, Т. C# 2010: ускоренный курс для профессионалов. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2010. – 592 с.

[14] Фримен, Адам ASP.NET MVC 3 Framework с примерами на C# для профессионалов / Адам Фримен , Стивен Сандерсон. - М.: Вильямс, 2011. - 672 с.

[15] Рихтер, Джеффри CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.0 на языке C# / Джеффри Рихтер. - М.: Питер, 2013. - 928 с.

Г. Н.Турсынгалиева, К.М. Сагиндыкова, А.А. Конырханова

Бағдарламалық тілдің көмегімен этникалық топтардың өзара әрекеттесуінің математикалық моделін визуализациялау

Түйіндеме. Бұл жұмыста Т.Парсонстың әлеуметтанулық теориясына және Нэштік тепе-теңдікті анықтау әдіснамасына сүйене отырып құрылған этникалық процестер динамикасының математикалық моделіне компьютерлік зерттеулер жүргізілді. Аталған модель этникалық топтардың төрт ішкі жүйелерінің дамуын сипаттайды: саяси, экономикалық, этникалық және Қазақстан халқы Ассамблеясының институты (ҚХА). Шағын жүйелер өзара әрекеттестікте және өзара тәуелділікте, сонымен қатар интегралды қасиеттерге ие, олар жүйенің тұтастығын сақтауға тырысады.

Жұмыстың мақсаты қоғамдық шиеленістерді шешудің конструктивті жолдарын табу және белгілеу, қоғамның түрлі кіші жүйелерінің мүдделерін ескерудің салмақты жолын белгілеу болды. Жоғарыда көрсетілген кіші жүйелер Парсонс теориясының шеңберінде бөлінді, себебі бұл теория қоғамдық шиеленістерді шешудің тиімді әдісін ұсынады. Программалық жабдықты құру үшін C# программалау тілі қолданылды.

Бұл жұмысты орындау нәтижесі математикалық модельді құру проблемаларын шешу және Қазақстан Республикасының этникалық топтар модельдерін компьютерлік талдау және қоғам тұрақтылығындағы Қазақстан халқы Ассамлеясының рөлі болып табылады.

Түйінді сөздер: математикалық модельдеу, этникалық топтар, қоғамдық шиеленіс, объектілі-бағытталған бағдарламалау.

S. Aubakirov, Zh. Abenov
(University of International Business, Almaty city, Kazakhstan
E-mail: c0rp.aubakirov@gmail.com, zhansultan996@gmail.com)

ANALYSIS OF POWER ALGORITHMS AND GRAPH VISUALIZATION TOOLS AND DEVELOPMENT OF A GRAPH VISUALIZATION TOOL

Abstract: graphs can be used as representations of communication systems, operational semantics and model validation, as well as for visualizing transactions. Graphs are an intuitive representation of the states of these systems where transitions can be conveniently described by graph transformation rules. A graph is a non-linear data structure that consists of vertices (or nodes) connected by edges (or arcs), where edges can be directed or not directed.

In this article, we will look at graphical tools such as D3.js, jgraph, NetworkX, Gephi, and sigma.js. We study how to use these tools, what advantages and disadvantages they have, and compare their performance, since each of these tools uses its own graph visualization methods. We also conducted a comparative review of graph visualization algorithms. Algorithms such as FA (Force Atlas), FA2 (Force Atlas 2), FR (Fruchterman & Reingold), LinLog and Dijkstra (Dijkstra's algorithm) were described in the review. The study showed that not all algorithms from the list are readable and fast in visualization. Algorithms were compared by visualization using different tools and algorithms on the same data. After the experiments, the best algorithm was chosen. Having dealt with the choice of algorithm, experiments were conducted to optimize the speed of generating the coordinates of the graph by introducing parallel calculations for the selected algorithm, after which the following results were obtained on parallelization on 12 cores: Speedup Ratio - 3.2 and Parallel Efficiency – 0.3. During the experiments, the best graph visualization algorithm was

identified and selected - this is the Force Atlas 2 algorithm, and this algorithm was parallelized, and the results of parallelization efficiency were obtained and shown.

Key word: graphs, directed, non-directed, d3.js, FA (Force Atlas), FA2 (Force Atlas 2), jgraph, NetworkX, gephi, sigma.js, FR (Fruchterman & Reingold), Dijkstra, LinLog.

С.С. Аубакиров, Ж. Қ. Әбенов
(Университет Международного Бизнеса, г. Алматы, Казахстан
E-mail: c0rp.aubakirov@gmail.com, zhansultan996@gmail.com)

АНАЛИЗ СИЛОВЫХ АЛГОРИТМОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФА И РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФА

Аннотация: Графы могут использоваться как представления систем связи, операционной семантики и валидации моделей, а также для визуализации транзакций. Графы являются интуитивно понятным представлением состояний этих систем, где переходы могут быть удобно описаны правилами преобразования графов. Граф - это нелинейная структура данных, которая состоит из вершин (или узлов), соединенных ребрами (или дугами), где ребра могут быть направлены или не направлены.

В этой статье мы рассмотрим графические инструменты, такие как D3.js, jgraph, NetworkX, Gephi и sigma.js. Мы изучаем, как использовать эти инструменты, какие у них есть преимущества и недостатки, и сравниваем их производительность, поскольку каждый из этих инструментов использует свои собственные методы визуализации графа. Мы также провели сравнительный обзор алгоритмов визуализации графа. В обзоре были описаны такие алгоритмы, как FA (Force Atlas), FA2 (Force Atlas 2), FR (Fruchterman & Reingold), LinLog и Dijkstra (алгоритм Дейкстры). Исследование показало, что не все алгоритмы из списка удобочитаемы и быстры в визуализации. Алгоритмы сравнивались путем визуализации с использованием разных инструментов и алгоритмов на одних и тех же данных. После экспериментов был выбран лучший алгоритм. После выбора алгоритма были проведены эксперименты по оптимизации скорости генерации координат графа путем введения параллельных вычислений для выбранного алгоритма, после чего были получены следующие результаты при распараллеливании на 12 ядрах: коэффициент ускорения - 3.2 и параллельный КПД - 0,3. В ходе экспериментов был определен и выбран лучший алгоритм визуализации графа - это алгоритм Forse Atlas 2, и этот алгоритм был распараллелен, и были получены и показаны результаты эффективности распараллеливания.

Ключевые слова: графы, ориентированные, неориентированные, d3.js, FA (Force Atlas), FA2 (Force Atlas 2), jgraph, NetworkX, gephi, sigma.js, FR (Fruchterman & Reingold), Dijkstra, LinLog.

Введение. Предполагается, что восприятие данных говорит об огромной, динамичной, полуорганизованной информации, которую чрезвычайно трудно расшифровать все более оправданным и понятным для людей образом. Графы - это всеохватывающие методы для визуализации, которые делают данные наиболее понятными для человека. Наиболее разумными для нашего исследования являются расчеты координат на силовых алгоритмах, которые также называются пружинными алгоритмами. Эти расчеты хорошо известны в свете того факта, что: они являются интуитивными и пригодными для разработки так как они эффективно расшифровываются и могут быть изменены, поскольку они детализируются и имеют псевдокод, из этого следует, что они могут быть изменены под необходимые требования и такие диаграммы выглядят удобочитаемо. Обычные расчеты силы признаются для проверки информации в области рисования графов. Они ссылаются на графы как на физические системы. Подходящие силы применяются к каждому компоненту, например, сила пружины, сила тяжести и т. Д. (Для вершин и ребер), чтобы держать их в разумном и значимом разделении, которые показаны на рисунке 1.

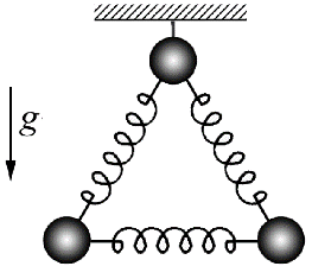


Рис. 1. Представление физической модели графов

Процедура прекращается, когда между компонентами достигается нулевая или ограниченная жизненная сила. Идея была впервые представлена Тутте на основе барицентрического изображения. Основные техники действия пружины, зависящие от силы пружины, подобны тем, которые даны в законе Гука. Силы отталкивания среди всех вершин, а также силы притяжения между соседними вершинами. С другой стороны, силы пружины могут быть определены в зависимости от графа гипотетического разделения. Диаграммы, построенные с использованием вычислений мощности, в целом будут стильно удовлетворять, демонстрировать баланс и большую часть времени делать форматы без точек пересечения для диаграмм уровней, однако они имеют длительное время выполнения из-за их итеративности в расчетах O [1].

Методы. В этой области представлены философия испытаний и связанные с ними расчеты, а также исследовательские предположения.

Со специальной точки зрения это исследование включает в себя следующие точки зрения:

• сравнение инструментов разработки

• описание алгоритма

• модели графов

• Эстетические критерии для графических макетов.

Силовые алгоритмы

В качестве основного аспекта оценки были выбраны четыре расчета:

FR (Фрухтерманн и Рейнхольд)

Расчет Фрухтермана и Рейнгольда является традиционным расчетом мощности, который является корректировкой модели расчета пружин Эйдса (Eades, 1984). Этот расчет делает стильно удовлетворяющие двухмерные изображения диаграмм путем проведения переупорядоченной демонстрации физических рамок. В этой стратегии вершинами называют стальные шарики, а ребра считаются пружинами, при расчете учитывается сила между каждыми двумя вершинами. Силы притяжения продолжают изменяться через развитие центров, пока жизнеспособность не ограничена условием выполнения всей "механической основы". Несмотря на то, что устойчивое решение определяет, насколько далеко должен быть решен один этап перемещения концентратора, последний формат может не достичь баланса каким-либо образом. FR является базовым, изысканным, естественным, продуктивным, с аналогичной длиной ребра и разумным расчетом времени подготовки [2]. Этот расчет представлен двумя стандартами.

1) Вершины, связанные с ребром, должны быть притянуты близко друг к другу.

2) Вершины не должны быть расположены слишком близко друг к другу.

В этом расчете предположим, что fa и fr - это степени увлечения и отвращения, по отдельности, d - это расстояние между двумя вершинами, а k - это промежуток незаполненной области вокруг вершины в этой точке.

$$f_a(d) = \frac{d^2}{k} \tag{1}$$

$$f_r(\mathrm{d}) = \frac{-\mathrm{k}^2}{\mathrm{d}} \tag{2}$$

Алгоритм компоновки FA (Bastian, Heymann and Jacomy, 2009) - это стратегия пространственного проектирования в классификации вычислений интенсивности, запланированная для придания системе разумной формы (пространственное ограничение), наряду с сочетанием различных методов, например, подчиненного степени Барнса-Хата, зависящая от степени силы отталкивания, локальной и глобальной адаптивной температуры. Он предназначен для подлинных систем, например веб-систем, предоставляя общий и естественный подход к ограничению систем. Расчет формата FA придает большее значение природе схемы, чем скорости, с которой она была определена [3]. Это особенно актуально для огромных систем. Расчет FA предлагает постоянные настройки, включая скорость, гравитацию, отталкивание, автоматическую настройку, покой или изменение размера [4]. Модель мощности FA похожа на FA2, как показано ниже.

FA2 (ForceAtlas2)

FA2 зависит от FA, однако предлагает больше основных моментов и творческих достижений, которые делают его быстрым вычислением формата.

Использование универсальных скоростей в окрестностях и по всему пространству обеспечивает отличную производительность системы, насчитывающей менее 100 000 узлов. Предварительно было замечено, что FA2 был наилучшим сценарием с исключительно сгруппированными системами.

Сила увлечения fa между двумя ассоциированными узлами n1 и n2 напрямую зависит от разделения d (n1, n2); сила Fr соответствует результату точки в дополнение к одному (deg + 1) из двух узлов n1 и n2.

$$f_a(n_1, n_2) = d(n_1, n_2) \quad (3)$$

$$\mathrm{fr}\,(\mathrm{n1}, \mathrm{n2}) = \mathrm{kr}\frac{(\deg(\mathrm{n1}) + 1)(\deg(\mathrm{n2}) + 1)}{\mathrm{d}\,(\mathrm{n1}, \mathrm{n2})} \quad (4)$$

$$\mathrm{fr}\,(\mathrm{n1}, \mathrm{n2}) = \frac{\mathrm{kr}\,(\deg(\mathrm{n1}) + 1)(\deg(\mathrm{n2}) + 1)}{\mathrm{d}\,(\mathrm{n1}, \mathrm{n2})} \quad (5)$$

Для данного графа G = (V, E) объединенная сила, приложенная к вершине v:

$$\mathrm{F}\,(\mathrm{v}) = \Sigma(\mathrm{u}, \mathrm{v}) \in \mathrm{E}\ \mathrm{fa}, \mathrm{uv} + \Sigma(\mathrm{u}, \mathrm{v}) \in \mathrm{V} * \mathrm{V}\ \mathrm{fr}, \mathrm{uv} \quad (6)$$

LinLog.

Ноак предложил модели жизнеспособности LinLog, которые обычно могут взаимодействовать со структурой диаграмм, собирая прочно связанные узлы и изолируя несвязанные узлы. Модели включают узел отталкивания LinLog и ребро-отталкивание LinLog, чьи схемы минимальной энергии отражают кластерную структуру графов с соблюдением двух четко определенных критериев кластеризации и отталкивания краев в моделях энергии. LinLog сохраняет стратегическое расстояние от или уменьшает предрасположенность к сборочным узлам в значительной степени при использовании, несмотря на отталкивание узла [5].

Для диаграммы G = (V, E) для чертежа p и двух узлов u, v ∈ V длина вектора различия p (u) −p (v) известна как евклидово разделение u и v в p и обозначается как || p (u) −p (v) || [6].

$$\mathrm{ULinLog}\,(\mathrm{p}) = \sum(\mathrm{u}, \mathrm{v}) \in \mathrm{E}\,||\,\mathrm{p}\,(\mathrm{u}) - \mathrm{p}\,(\mathrm{v})\,|| + \sum(\mathrm{u}, \mathrm{v}) \in \mathrm{V} * \mathrm{V}\ln||\,\mathrm{p}\,(\mathrm{u}) - \mathrm{p}\,(\mathrm{v})|| \quad (7)$$

Ноак характеризует модель жизнеспособности (модель увлечения, отталкивания) формата в качестве примера, взятого разделением в уравнениях, используемых для определения притяжения и отталкивания (журнал рассматривается как 0 градусов). Модель FA (1, - 1) находится в умеренной ситуации между LinLog Noack (0, - 1) и расчетами Fruchterman и Reingold (FR) (2, - 1). ForceAtlas2 (FA2) зависит от FA, однако предлагает больше ярких и оригинальных улучшений, которые делают его быстрым вычислением формата. Способность FA2 показывать группы лучше, чем FR, но хуже, чем LinLog.

Для выполнения расчетов восприятия диаграммы были выбраны соответствующие устройства представления:

- D3.js
- NetworkX для Python
- Jgraph для Python
- Gephi (FA, FA2, LinLog, FR)
- Sigma.js.

Ниже приведен краткий обзор инструментов визуализации.

D3.js - это библиотека JavaScript для наблюдения за информационными отчетами. D3 помогает сделать информацию динамичной, используя HTML, SVG и CSS. Акцент D3 на веб-руководствах дает все возможности современных программ без привязки к эксклюзивной структуре, объединяющей удивительные части восприятия и управляемый информацией способ управления DOM.

D3 позволяет вам привязать дискреционную информацию к объектной модели записи (DOM), а затем применить изменения, управляемые информацией, к архиву. Например, вы можете использовать D3 для создания таблицы HTML из множества чисел. Или затем снова использовать аналогичную информацию для создания интуитивно понятной гистограммы SVG с плавными изменениями и коммуникациями.

NetworkX - это библиотека Python, написанная на похожем языке. Позволяет вам представить взаимосвязь узлов диаграммы, сопрягая их с ребрами. Следовательно, подсчитываются направления компонентов диаграммы. В библиотеке предлагается изобразить диаграммы и системные структуры. Основные плюсы библиотеки:

• функции для работы с неориентированными, ориентированными и взвешенными графами
• встроенные функции для создания графиков
• функции для обнаружения подграфов
• получение характеристик координат графика
• визуализация сетей в виде 2D и 3D.

Jgraph (ранее igraph). Эта библиотека Python написана на C. Используя эту библиотеку, вы можете визуализировать графики в приложении Python. Инструмент позволяет контролировать цвета, размеры узлов, ребер и другие параметры для рисования графика. Недостатком этого инструмента является чрезмерное потребление ресурсов и невозможность разработки автоматизированной облачной системы для визуализации онлайн-графиков без установки какого-либо программного обеспечения.

Gephi - это программное обеспечение с открытым исходным кодом, которое позволяет легко создавать красивые макеты графов и сетей. Графы, сгенерированные Gephi, могут быть изучены, проанализированы, отфильтрованы и изменены.

Gephi предлагает множество вариантов форматирования графиков, чтобы они наиболее эффективно отображали отношения, которые необходимо идентифицировать. Этот инструмент представляет собой готовое программное обеспечение, которое необходимо установить как обычную программу.

Sigma - это библиотека JavaScript для рисования графиков и графов. Это облегчает публикацию сетей на веб-страницах и позволяет разработчикам интегрировать сетевые исследования в многофункциональные веб-приложения.

Инструмент был разработан как механизм, который можно настроить и использовать для разработки высоко-интерактивных веб-приложений, отображающих графические визуализации.

Среди особенностей, которые делают интересную библиотеку Sigma.js:

• способность связывать методы
• Управление событиями
• возможность добавлять плагины, использовать файлы GEXF, алгоритмы ForceAtlas2
• API простой и доступный
• графики нарисованы в удобочитаемой форме
• вставлять используя рамки.

В результате использования этой библиотеки выяснилось, что она легкая (менее 3 МБ), легко настраивается, вы можете добавлять свои собственные функции, а с ее помощью вы можете создать онлайн-инструмент для визуализации графиков.

После получения результатов сравнения алгоритмов и средств визуализации графа, результаты которых будут показаны позже в следующем разделе, было решено сгенерировать координаты для графа на стороне бэкенда и нарисовать график на стороне внешнего интерфейса из готовых координат. Это действие позволит нам проверить, поможет ли разделение задач на разные подзадачи повысить скорость.

Для этого был выбран язык Java для бэкэнда, была использована среда Spring MVC. При разработке серверной части приложения алгоритм был распараллелен с использованием API Java Streams и функционального программирования для повышения производительности. Как инструмент на клиентской стороне был выбран D3.js.

Результаты. Для экспериментов используются такие инструменты визуализации, как:

• D3.js (алгоритм Дейкстры)
• NetworkX для Python (межцентровость, FA, FA2, алгоритм LinLog)
• Gephi (FA, FA2, LinLog, FR).

В ходе исследования были получены следующие результаты (Core i7, 8 ГБ ОЗУ, AMD Radeon HD 8750M 2 ГБ), показанные в таблице 1.

Таблица 1. **Результаты исследования визуализации графов**

Алгоритм	**Средство визуализации**	**Количество узлов**	**Время на выполнение**
Force Atlas	Gephi	~ 20 000	~ 8 min
Force Atlas 2	Gephi	~ 20 000	~ 8 min
Fruchterman & Reingold	Gephi	~ 20 000	~ 9 min
LinLog	Gephi	~ 20 000	~ 9 min
Dijkstra	D3	~ 20 000	~ 9 min

Рисунки 2, 3, 4, 5 иллюстрируют результаты визуализации на 500 узлах графа.

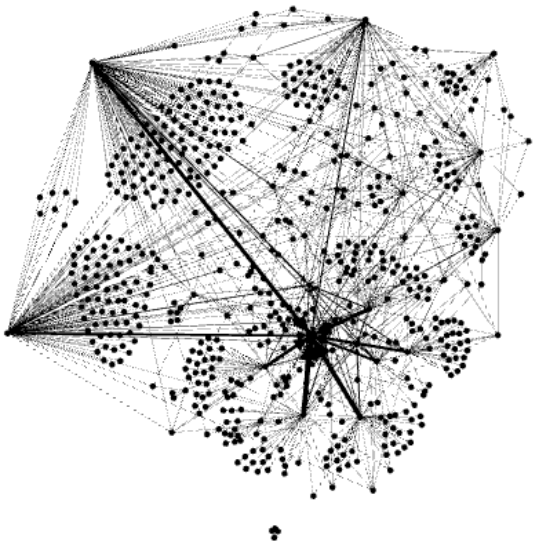


Рис. 2. Результаты визуализации с использованием алгоритма FA

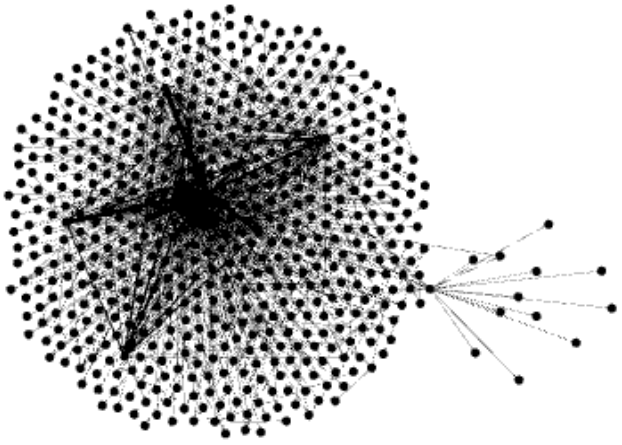


Рис. 3. Результаты визуализации с использованием алгоритма LinLog

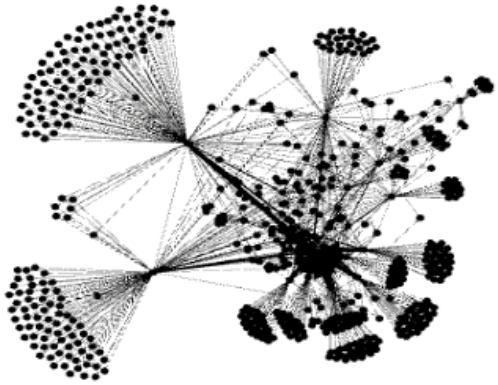


Рис. 4. Результаты визуализации с использованием алгоритма FA2

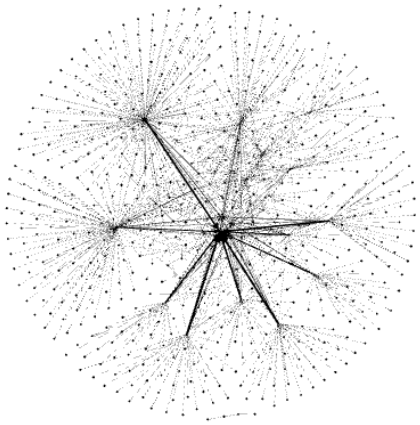


Рис. 5. Результаты визуализации с использованием алгоритма FA2

Алгоритм Force Atlas 2 был запрограммирован в серверной части для генерации координат графа. В ходе экспериментов выяснилось, что на генерацию координат для графа из 307 тысяч узлов было потрачено 29,75 секунды. При анализе ресурсоемких методов алгоритма инструмент «Профилировщик» выявил, что наиболее ресурсоемким методом является applyForceOnNodes, который потребляет до 40% всех ресурсов ЦП. На основании этих данных было решено применить параллельные вычисления для этого метода. Распараллеливание метода было реализовано библиотекой java.util.concurrent. Кроме того, во всех частях кода, где это возможно, применялись методы Java Streams. Для расчетов метод был распараллелен от 1 до 12 потоков. Для расчетов использовался ноутбук с процессором из 12 ядер. После использования параллельных вычислений скорость выполнения запроса увеличилась с 29,75 до 9,256 секунд. На рисунке 6 показаны результаты распараллеливания с использованием метрик Speedup Ratio и Parallel Efficiency.

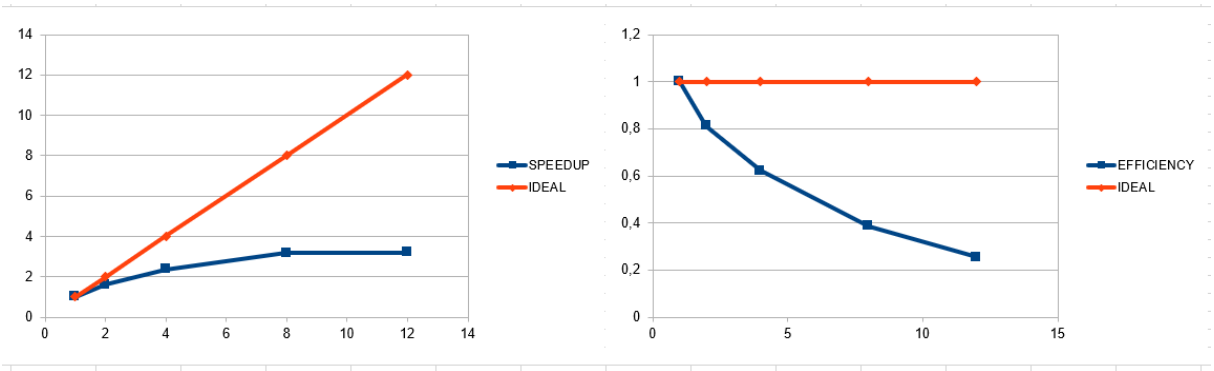


Рис. 5. Результаты параллелизации используя Speedup Ratio и Parallel Efficiency

Исследование финансировалось Комитетом по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках проекта «Облачные приложения в управлении информационными потоками на финансовых рынках».

Обсуждение. Наиболее понятным для просмотра и анализа является алгоритм Force Atlas 2. Поэтому этот алгоритм был использован для генерации координат графа. По сравнению с другими алгоритмами этот алгоритм приятно воспринимается благодаря четкому выбору подгрупп и более понятному определению координат узла и ребер по сравнению с другими алгоритмами. Приятное восприятие было выявлено путем опроса студентов. Магистрантов спросили, какое из этих изображений больше всего показывает подгруппы и связи между узлами.

Инструмент D3.js был выбран для рисования графика, потому что этот инструмент является гибким и настраиваемым.

При генерации координат на стороне сервера был распараллелен ресурсоемкий метод, после чего скорость генерации координат была увеличена с 29,75 до 9,256 секунд.

Для дальнейшего продвижения исследования, следующий шаг должен быть сделан:

• Примените WebGL, чтобы быстрее нарисовать график в веб-интерфейсе.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kobourov S. G. «Force-directed Drawing Algorithms» // *Discrete Math. Its Appl.* – 2016. – Т. 33. - №3. – С. 383–408.

[2] Fruchterman T. M. J. , Reingold E. M. , «Graph Drawing by Force-Directed Placement» // *Software Practice and Experience*. – 2017. Т. 21. - №11. – С. 1129–1164.

[3] Bastian M. , Heymann S. , Jacomy M. , «Gephi: An Open Source Software for Exploring and Manipulating Networks» // *Third International AAAI Conference on Weblogs and Social Media.* – 2018. – Т. 15. - №4. – С. 232-258.

[4] Jacomy M. , Heymann S. , Venturini T. , Bastian M. , «Force Atlas 2, A Graph Layout Algorithm for Handy Network Visualization» // *Discrete Math. Its Appl.* – 2018. – Т. 39. - №5. – С. 1–21.

[5] Noack A. , «Energy Models for Graph Clustering» // *Graph Algorithms Appl. JGAA.* – 2019. – Т. 39. - №112. – С. 453–480.

[6] Noack A. , «An Energy Model for Visual Graph Clustering» // *Proc. 11th Int. Symp. Graph Draw*. – 2018. – Т. 23. - №4. – С. 425–436.

[7] Hu Y. , «Efficient and High Quality Force-Directed Graph Drawing» // *Journal of Cognition and Culture.* – 2016. -Т. 4. - №3. – С. 1-37.

[8] Stephenson K. , Zelen M. , «Rethinking centrality: Methods and examples» // *Social Networks.* - 2016. - Т. 1. - №2. – С. 10–47.

[9] Furht B. , «Handbook of Social Network Technologies and Applications» // *Springer-Verlag* – 2017. -Т. 5. -№8. – С. 5-16.

[10] Gajer P. , M. T., Goodrich S. G., Kobourov. A, // «Multi-dimensional approach to force-directed layouts of large graphs» // *Comp. Geometry:Theory and Applications.* – 2017. – Т. 5. -№3. – С. 3–18.

[11] Duncan C. A. , Eppstein D. , M. T., Goodrich S. G. , Kobourov A. , Nollenburg M. , «Drawing Trees with Perfect Angular Resolution and Polynomial Area» // *Symp. on Graph Drawing.* – 2018. – Т. 5. - №17. – С. 183–194.

[12] Battista G. , Eades P. , Tamassia R. , Tollis I. G. , «Graph Drawing: Algorithms for the Visualization of Graphs» // *Prentice Hall PTR.* – 2018. – Т. 6. -№12. – С. 253-278.

[13] Correa C. , Crnovrsanin T. , K.-L. Ma. , «Visual reasoning about social networks using centrality sensitivity.IEEE Trans. On Visualization and Computer Graphics» // *Symp. on Graph Drawing.* – 2019. – Т. 18. - №1. – С. 106–120.

[14] Rosvall M. , Bergstrom C. T. , «Maps of Random Walks on Complex Networks Reveal Community Structure» // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2017. – Т. 105. - №4. – С. 23-48.

[15] Freeman L. C. , «Methods of Social Network Visualization» // *Ed. New York, NY: Springer New York.* – 2017. – Т. 2. -№1. – С. 131-156.

Аубакиров С.С., Әбенов Ж. Қ.

Графтарды визуализациялау алгоритмдерін және құралдарын талдау және графтарды визуализациялау құралын әзірлеу

Түйіндеме. Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Білім және ғылым министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды. Қазіргі таңда үлкен ақпаратты граф түрінде онлайн визуализациялаудың құралдары тапшы. Үлкен ақпаратты қаржы транзакцияларын немесе әлеуметтік желілердің тұтынушыларының әлеуметтік қарым-қатынастарын түсінікті түрде көру үшін қолданылады. Қазіргі таңда, әр-түрлі қаржы мекемелеріне, электронды қаржы қолданушыларының транзакцияларын бақылап, күдікті транзакцияларды табу мәселесі бірінші орында тұр. Және де әлеуметтік желілерде компаниялар жарнама бергенде, әлеуметтік желілердегі топтар, каналдарда отыратын тұтынушылардың қалаулары туралы ашық ақпараттың жоқтығынан, компаниялар топтағы

жарнаманы таргетинксіз, тәуекелмен береді. Ақпаратты граф түрінде көрсету, аномалды, күдікті қаржы транзакцияларын бақылауға, әлеуметтік желідегі тұтынушылардың байланыстарын және қалауларын бақылап, жинақтау үшін өте ыңғайлы. Осыған орай, аномалды транзакцияларды тауып, әлеуметтік желідегі тұтынушылардың қалауларын жинақтайтын жүйені әзірлеу өте маңызды.

Түйін сөздер: визуализациялау, граф, транзакция, әлеуметтік желі, ашық ақпарат, таргетинг, аномалды қаржы транзакциясы.

УДК 004.942

[1]S. Israilova, [1]A. Mukhanova, [2]A. Ismailova, [1]M.Makhanov
([1]L.N.Gumilyov Eurasian National University,
[2] S.Seifullin Kazakh Agricultural Technical University,
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: israilova_st@mail.ru)

APPLICATON OF PETRI NETS THEORY TO VERIFY BUSINESS PROCESSES

Abstract. The article discusses the verification of business processes using the Petri nets. Popular Workflow nets differ from Petri nets in that the latter may each have several alternative start and finish transitions. As a criterion of error-free process model, properties of reversibility and conservativeness, as well as properties of vitality and safety are investigated. For free-choice nets, the condition is that the performance of the reversibility and conservativeness properties is equivalent to safety and vitality. In this work, an analysis of the error-free completion of the process was carried out.

Key words: business process management,modeling business processes, verification of business processes, Petri nets.

Introduction.

The transition to process management in the non-industrial sphere is not carried out well, as the reasons are often referred to as complexity of business processes, high costs of modeling, non-obvious result of implementation. The introduction of information technologies, when considering technological benefits, has a local effect and rarely leads to increased efficiency and productivity of the entire enterprise, and entrepreneurial benefits are achieved only when supported by effective organizational practices. For this purpose, the process models used should represent the organizational interaction of the participants, but analysts often omit this important detail. Research shows a high level of failures in the creation of corporate IT, which is due to insufficient development of project details at the modeling stage and many changes at the development stage. Used models of business processes usually give only the most general idea of the sequence of works, omit organizational practices and other important details. It is assumed that the limited economic impact of the introduction of information technologies in the transition to process management is due to insufficient attention to the business process models that underpin the development.

In the business process management system, the methodology of business management and the new technology of model-oriented development of IT applications are organically connected. They are based on a visual executable model of the business process, which is transformed into a form of computer program without coding, which allows to develop the business process management system in terms of subject area, with minimal participation of the programmer. The practical introduction to the creation of executable models of business processes and the development of the business process management system is due to the needs of consumers of new information technologies, who seek to increase the efficiency of their organizations. Enterprises expect that business process management systems will ensure the agility of their business, make it client-oriented, help to join global netsof suppliers - consumers of goods or services. However, we see limited success of the projects of the actual implementation of the business process management system, the efforts spent on identification, modeling, analysis and verification of the business process models being executed are higher than planned.

Research methods. The work uses such methodologies as system analysis, structural, mathematical formalism of the Petri nets. However, to formalize business processes, the properties of the Petri nets are investigated.

Executable business process models, like programs, need proof of a fainless completion. The issue of defecating completion is very relevant, as the complexity of the models is increasing, and the verification

tools built into the simulation environment are not yet perfect. Thus, the load on model debugging falls on the analyst, who does not have sufficient mathematical training to analyze the process by the following methods [1].

The main problem with model verification methods is the "combinatorial explosion" in state space. As the number of processes increases, the number of process states increases exponentially. For this reason, it is generally believed that the model verification method cannot be used in practice to analyze large processes. This aims to find analytical methods that have low computational complexity.

Currently, graph methods of searching for major errors in the process model have gained great popularity. For example, the search for errors such as loss of synchronization leading to an uncontrolled increase in the number of control points can be carried out in graph theory, but it does not allow to detect dead ends and traps [2].

A large number of works devoted to analysis of error-free completion of the business process use the approach based on mapping of the business process in the Petri nets for further analysis by formal mathematical methods [3]. Traditionally, when analyzing the operation of digital circuits, two properties of the equivalent Petri nets are checked: activity and safety (formal definition given below) [4]. The asset means that the nets does not contain dead ends and traps, that is, once started, work for the final number of steps. The security property originated with regard to digital schema analysis because the trigger can store either "zero" or "one," make sure that any nets position should not contain more than one token. Further, the verification of activity properties and safety is replaced by a study of reachability and coverage problems that have high computational complexity. The basic concepts of this approach were formed when the market was dominated by the systems of flow control (workflow), and now the systems of business process management, which have a number of differences, have become more popular, so that methods of analysis of non-defect completion need to be clarified.

Petri nets have a marked bidirectional oriented graph consisting of vertices of two types - positions and transitions connected to each other by arcs, and vertices of the same type cannot be connected directly [5]. In the positions there can be located indicators capable of moving along arcs through crossings along the Petri net. The distribution of markers by position is called marking, it determines the state of the Petri net at any time. A marker is usually associated with an object that has a material nature or an information entity. The transition is associated with an event, operation, or movement, it changes the state of the process by moving the marker from position to position. The position is passive, it does not change or move the marker, only keeps it waiting for two transitions. The state of the petri nets at any time is determined by the spread of the markers in the positions, and the change in the state of the marker itself as a result of passing through the transition or change of the object to which the marker is associated is not analyzed. Let's consider example. If a bid is returned a few steps back for reprocessing when it begins moving forward again, its route may differ from the path of the bid, driving along the route for the first time.

Mathematically the nets is represented N four = (P, T, F, M_0) where P = { p_i | i = 1, n } is a nonempty set of positions, and T= { t_j | j = 1, m } - the nonempty set of transitions, and these sets are not crossed (PT = 0), a set of arches £ F (PxT) U (TxP) describes the binary relation of incidence between positions and transitions. Finally, M: PN nets marking refers to the mapping of a plurality of positions to a plurality of natural elements. The number of markers in pi is denoted as mi, and the marking taking into account all indicators in all positions as M. Two types of arcs, incoming and outgoing, are associated with each position and transition. The arc included in the transition is denoted by t and the outgoing by t *. For a position, the incoming arc is * p and the outgoing arc is p *.

Let 's look at the main properties of Petri nets: safety, limitation, preservation, activity, reachability and coverage [5].

Petri nets are called highly coherent if from any node of the nets it is possible to pass to any other node, moving along directional arcs, in other words, there are no islands where it is impossible to get along arcs, moving from the point of start of the process.

Ordinal mesh - the multiplicity of any mesh arc is 1. Everywhere further we will consider Petri nets only of this kind.

Limitation is a property that limits the maximum allowable number of drivers that can be placed in any position of the Petri net. It is said that the nets is K- limited if maximum position can be placed no more than K markers. Position pi Ɛ P of nets C = (P, T, F, M_o) is K-limited if the number of markers in this position m (pi) < K for all marks MƐ R (M_0) that can be reached from the initial mark M_0. Petri 's nets is limited if all her positions are limited.

Safety is a particular case of limitation, the maximum number of brands in a position does not exceed

one. Position $p_i \in P$ of nets $C = (P, T, F, M_o)$ is safe if the number of tokens in this position $m(p_i) < 1$ for any $M \in R(M_o)$. Petri 's nets is safe if every position is safe. Security is an important feature if you plan to model the operation of a computing device. Because a secure position can contain a number of 0 or 1 marks, it can simulate the operation of a binary trigger

Preservation is a property that characterizes the number of markers circulating over a Petri nets. The number of markers circulating in the nets may vary. Some Petri net configurations can generate markers in the nets or destroy them. A nets that does not reflect the total number of markers that were present in the initial marking is described as strictly preserving.

The netsare alive (active), there are no dead transitions in it - means that all other transitions are alive, i.e. all completing states are achievable. The netsare limited.

As is known, a nets containing a source is not active, and a nets having a drain is not safe [3]. Therefore, we will define an extended error-free nets. We will add from the terminal transition towards the starting so-called "behind the washing arc," which passes through the special position, we will call it p_0. The meaning of this arc is as follows. In the initial marking, position p_0 is the only one that supports the marker, at which point the starting transition t_{ci} is prepared. The first start event triggers a process instance. As a result of t_{ci} actuation, the marker will leave position p_0, the input will be blocked from the new start. If another start event occurs, it will not affect the running instance. If the execution of the process completes smoothly, the t_{Tj} marker is placed back in position p_0 when the final transition is triggered. The entrance will be unblocked. Property when the process results in the token being returned to the home position p_0. is called reversibility of nets. After the nets completes and the marker reaches position p_0, no other markers should remain in the rest. To do this, the nets must have a conservation property relative to the weighting vector. Thus, in order for the process to be well established, it must satisfy the structural properties of reversibility and preservation.

- The process model in the BPMN notation uses the terminating event to inform the parent process of the result of its child completion. The completion statuses are alternative, so if successful, the system returns to the calling process, and in the event of a failure, it handles the error situation. Thus, the petri nets of the business process may have several alternative terminating transitions t_{3j}, where j is equal to the number of alternatives. They are all connected by closing arcs to position $_{p0}$.

- Let us show that if the error-free netsare alive, secure, reversible and conserved, the error-free nets have the property of normal completion.

- Since all initial t_{ci} transitions are achievable from the initial marking because they are directly connected to it by incoming arcs, considering that the nets is active, it can be concluded that for each t_{ci} there is a different sequence of actuations ensuring completion.

-Since the nets is alive, there is t_{Tj} a marking for each terminal transition in which this terminal transition is t_{Tj} allowed, in other words, all terminal states are achievable.

-Since the nets is limited, no more than one marker may be present at any position. Now let us imagine that several markers appeared on the nets per input impact, which make several terminal transitions of the t_{Tj} allowed at once. If only one of them works, the starting position p0 will be reached, but at least one marker will appear in the nets, which is contrary to the reversibility criterion. If both moves work at the same time, then in the home position p0 there will be two markers at once, which reflects the property of limitation.

Result of research.

As part of the research, properties of Petri nets were found, allowing to analyze and find possibilities of defecating completion of processes.

Analytical approach of formal verification of business process model is proposed. The time spent on the normal completion can be further reduced by searching for an optimal algorithm to verify the existence of non-negative Petri nets invariants, structurally equivalent to the business process model.

Discussion.

Success of business transformation requires methodology of business processes description, adequate purpose of modeling and capable to map organizational and economic relations on the company, and its implementation in the system of business processes management in order to increase productivity, efficiency and quality of work of enterprises and organizations. The process of verifying business processes through various methods is an open topic for research in the scientific environment.

Conclusion.

The work carried out showed the possibility and expediency of further research and application of Petri nets apparatus in the field of verification of business processes of various types of enterprises. Of

course, verification at the initial level of enterprise function construction makes it possible to avoid unnecessary costs of erroneous business processes. In turn, increase the economic impact of enterprise transition to process management using BPM systems

REFERENCE

[1] V.Hlupic, J. Choudrie and N.Patel.Business Process Re-engineering (BPR): The REBUS Approach", Department of Information Systems and Computing, Brunel University, Uxbridge, Middlesex. UB8 3PH. United Kingdom. 2000

[2] Dijkman, R. Formal Semantics and Analysis of BPMN Process Models using Petri Nets / R. Dijkman // Quensland University of Technology, 2014.

[3] Fjodorov, I.G. Sravnitelnyjanaliznotacijmodelirovanijabiznes processov/I.G. Fjodorov//Otkrytyesistemy. SUBD.-2011.№8.p.28-30

[4] Wisniewski, P.; Kluza, K.; Lig ˛eza, A. An approach to participatory business process modeling: BPMN model generation using constraint programming and graph composition. Appl. Sci. 2018, 8, 1428.

[5] Wert, A.; Schulz, H.; Heger, C. AIM: Adaptable Instrumentation and Monitoring for automated software performance analysis. In Proceedings of the 10th International Workshop on Automation of Software Test, Florence, Italy, 16–24 May 2015; pp. 38–42.

[6] Van der Aalst, W.M.P. Process Mining: Data Science in Action; Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, 2016.

[7] Tsakalidis, G.; Vergidis, K.; Kougka, G.; Gounaris, A. Eligibility of BPMN models for business process redesign. Information 2019, 10, 225.

[8] Dos Santos Garcia, C.; Meincheim, A.; Junior, E.R.F.; Dallagassa, M.R.; Sato, D.M.V.; Carvalho, D.R.; Santos, E.A.P.; Scalabrin, E.E. Process mining techniques and applications—A systematic mapping study. Expert Syst. Appl. 2019, 133, 260–295.

[9] Maita, A.R.C.; Martins, L.C.; Lopez Paz, C.R.; Rafferty, L.; Hung, P.C.; Peres, S.M.; Fantinato, M. A systematic mapping study of process mining. Enterp. Inf. Syst. 2018, 12, 505–549.

[10] Van der Aalst, W.M.P. Process discovery from event data: Relating models and logs through abstractions. Wiley Interdiscip. Rev. Data Min. Knowl. Discov. 2018, 8, e1244.

[11] КораблевЮ. А. Имитационноемоделирование. – М.: КНОРУС, 2017. – 146 с.

[12] Corradini, F.; Polini, A.; Re, B. 2015. Inter-organizational business process verification in public administration, Business Process Management Journal 21(5): 1040-1065.

[13] Anastassiu, M.; Santoro, F. M.; Recker, J.; Rosemann, M. 2016. The quest for organizational flexibility: Driving changes in business processes through the identification of relevant context, Business Process Management Journal 22(4): 763-790.

[14] Bergener, P.; Delfmann, P.; Weiss, B.; Winkelmann, A. 2015. Detecting potential weaknesses in business processes: An exploration of semantic pattern matching in process models, Business Process Management Journal 21(1): 25-54.

[15] Sanjay Mohapatra. Business Process reengineering Automation Decision Points in Process Reengineerin. Science and Business Media. New York. 2013

Исраилова С., Муханова А., Исмаилова А., Маханов М.

Применение теории сетей Петри для верификации бизнес-процессов

Резюме. В статье рассматривается проверка бизнес-процессов с помощью сетей Petri. Популярные сети Workflow отличаются от сетей Петри тем, что каждая из них может иметь несколько альтернативных переходов начала и окончания. В качестве критерия безошибочной модели процесса исследуют свойства обратимости и консервативности, а также свойства жизнеспособности и безопасности. Для сеток свободного выбора условие состоит в том, что характеристики обратимости и консервативности эквивалентны безопасности и жизнеспособности. В этой работе был проведен анализ безошибочного завершения процесса.

Ключевые слова: управление бизнес-процессами, моделирование бизнес-процессов, верификация бизнес-процессов, сети Петри.

Исраилова С., Муханова А., Исмаилова А., Маханов М.

Петри желілері теориясын бизнес-процестерді тексеру үшін қолдану

Түйіндеме. Бұл мақалада бизнес-процестерді Петри желілері қолдану арқылы бизнес-процестерді тексеру туралы айтылады. ӘйгіліWorkflow жұмыс ағындарының желілері Petri желілерінен ерекшеленеді, олардың әрқайсысында басталу мен аяқталудың бірнеше баламалы өтуі болуы мүмкін. Қатесіз процесстер моделінің өлшемі ретінде реверсивтілік пен консерватизмнің қасиеттері, сондай-ақ өміршеңдік пен қауіпсіздік қасиеттері зерттеледі. Еркін таңдаудың торлары үшін шарт - конверватизм мен конверватизмнің сипаттамалары қауіпсіздік пен өміршеңдікке балама. Бұл жұмыста процестің қатесіз аяқталуына талдау жасалды.

Кілтті сөздер:бизнес-процестерді басқару, бизнес-процестерді модельдеу, бизнес-процестерді тексеру, Петри желілері.

УДК 51795:537(615.844)

L.Kassenova [1], B.Satayev[2]
([1] Kazakh University of Economics, Finance and international trade,
[2] Akmola branch of the joint-stock company "Energoinform",
Nur-Sultan, Kazakhstan. E-mail: kassenova_lg@mail.ru)

BOUNDARY CONDITIONS FOR THE ELECTROMAGNETIC FIELD

Abstract. The electromagnetic field theory was formulated as a system of several equations by the famous English physicist Maxwell. In the theory of electromagnetism, these equations play the same role as Newton's equations (or laws) in mechanics.

To solve the problems of electrodynamics, in addition to the Maxwell equations, it is necessary to know the boundary conditions — the relations between the field vectors at two very close points located on both sides of the interface between two media. The boundary conditions are a consequence of the Maxwell equations for such a special case.

The article defines the relationship between normal and tangential field relations.

Key words: Maxwell equations; environment settings; boundary between two media; normal field components; tangent field components.

When solving problems of electrodynamics, it is necessary to take into account that all macroscopic bodies are bounded by surfaces. When passing through these surfaces, the physical properties of macroscopic bodies change abruptly, which leads to an abrupt change in the electromagnetic fields created by these bodies. In other words, the vector functions $\vec{D}$ and $\vec{H}$ are piecewise continuous coordinate functions, so they are continuous along with their derivatives within each homogeneous region, but can undergo discontinuities at the interface of two media. In this regard, it is more convenient to solve the Maxwell equations in each region bounded by a certain interface separately, and then combine the obtained solutions using boundary conditions.

When finding boundary conditions, it is convenient to proceed from the integral form of Maxwell's equations. According to the expression div $\vec{D} = \rho$ and the Ostrogradsky-Gauss theorem

$$\int \operatorname{div} \vec{D}\, dV = \int D_n \, \mathrm{dS} = \int \rho \, dV = Q \qquad (1)$$

where Q - is the total charge inside the integration volume [1].

Consider an infinitely small volume in the form of a cylinder with height h and base area S, located in media 1 and 2 (Figure 1).

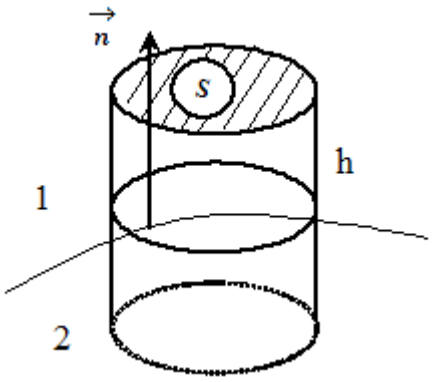


Figure 1.

The ratio (1) in this case can be written as

$$D_{1n}S - D_{2n}S + \int_{side} D_n \, dS = Q \qquad (2)$$

where – $\vec{n}$ is the normal to the interface of two media directed from medium 2 to medium 1. The " - " sign in the second term is due to the fact that the external normal $\vec{n}$ of the integration surface in medium 2 is directed opposite to the normal $\vec{n}$ in medium 1.

Let the base of the cylinder tend to the interface between the two media. Since the area of the side surface tends to zero, then $\int_{side} D_n\, dS \to 0$ and so (2) will take the form

$$D_{1n} - D_{2n} = \frac{Q}{S} = \sigma \qquad (3)$$

where D_{1n} and D_{2n} are normal components of the vector $\vec{D}$ on different sides of the interface; σ - is the surface density of charges that are excessive in relation to the bound charges of the substance itself. If the interface is not charged, then put σ = 0 in formula (3). The concept of surface density is convenient when the excess (third-party) charges are located in a very thin layer of matter *d*, and the field is considered at distances from the surface r≫d. Then, from the definition of the bulk charge density $\rho = \frac{\Delta Q}{\Delta S \cdot d}$, it follows

$$\sigma = \rho \cdot d = \frac{\Delta Q}{\Delta S}$$

If we take into account that $\vec{D} = \varepsilon_0 \vec{E} + \vec{P}$, and $(\vec{P} \cdot \vec{n})$ is the surface density of polarizing charges, then the formula (3) can be written as

$$\varepsilon_0(E_{1n} - E_{2n}) = \sigma + \sigma_{fill}$$

where $\sigma_{fill} = P_{1n} - P_{2n} = (\vec{P}_2 - \vec{P}_1) \cdot \vec{n}$, and the value σ included in the boundary condition (3) is the surface density of charges that are excessive in relation to the bound charges of the substance itself [1,2].

Using div $\vec{B} = 0$ and conducting similar reasoning, we obtain a boundary condition for the vector $\vec{B}$:

$$B_{1n} - B_{2n} = 0 \qquad (4)$$

Expressions (3), (4) are boundary conditions for normal component vectors $\vec{B}$ and $\vec{D}$. To get the conditions for tangential components you can use the equations

$$\text{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \qquad \text{rot}\,\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial \vec{D}}{\partial t}$$

Multiplying the second equation scalar by the positive normal $\vec{N}$ to the surface *S* bounded by the contour *L*, which has the form of a rectangle (Figure 2)

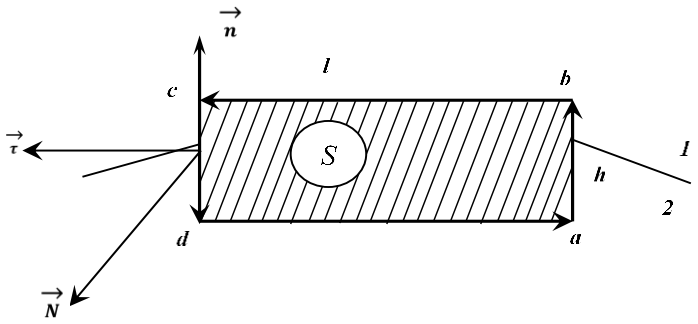


Figure 2.

Using Stokes ' theorem, we get:

$$\int (\vec{N} \cdot rot\vec{H})\, dS = \oint_L (\vec{H} \cdot \vec{dl}) = \frac{d}{dt} \int (\vec{N} \cdot \vec{D})\, dS + \int (\vec{N} \cdot \vec{j})\, dS$$

Let's rewrite this equation as:

$$\oint_L(\vec{H}\cdot\vec{dl}) = \int_a^b H_n \quad dh + \int_b^c(\vec{H}_1\cdot\vec{\tau})\,dl - \int_d^a(\vec{H}_2\cdot\vec{\tau})\,dl - \int_d^a H_n dh \quad =$$

$$= \frac{d}{dt}\int(\vec{N}\cdot\vec{D})\,dh\,dl + \int(\vec{N}\cdot\vec{j})\,dh\,dl \qquad (5)$$

where $\vec{H}_1$ and $\vec{H}_2$ are the values of the vector $\vec{H}$ in media 1 and 2, respectively, $\vec{\tau}$ is the unit vector tangent to the interface, and $\vec{n}$ is the normal to the interface directed from medium 2 to medium 1 [2].

Now let h→0 for a small but fixed l. Then $\int H_n\,dh \to 0$, $\int D_n\,dS \to 0$ and the expression (5) takes the form:

$$(\vec{H}_1\cdot\vec{\tau} - \vec{H}_2\cdot\vec{\tau})\cdot l = (\vec{N}\cdot\vec{j})\,hl$$

Reducing by *l*, we get

$$(\vec{H}_1\cdot\vec{\tau} - \vec{H}_2\cdot\vec{\tau}) = (\vec{N}\cdot\vec{j})\,h = (\vec{N}\cdot\vec{\imath})$$

where $\vec{\imath} = \vec{j}\cdot h$. Figure 1 shows that $\vec{\tau} = [\vec{N},\vec{n}]$.

Then $(\vec{H}_1 - \vec{H}_2)\cdot[\vec{N},\vec{n}] = [\vec{n},\ (\vec{H}_1 - \vec{H}_2)]\cdot\vec{N} = (\vec{N}\cdot\vec{\imath})$

Since this formula is valid for any orientation of the surface, and therefore for the vector $\vec{N}$, we have

$$[\vec{n},\ \vec{H}_1] - [\vec{n},\ \vec{H}_2] = \vec{\imath} \qquad (6)$$

In this boundary condition, there is a surface current density that is excessive in relation to the magnetization currents. If there are no currents, then $\vec{\imath} = 0$ [3].

Given that $\vec{H} = \frac{\vec{B}}{\mu_0} - \vec{M}$, and $[\vec{M},\vec{n}]$ – the surface density of magnetization, we write (6) in the form:

$$[\vec{n},\ \vec{B}_1] - [\vec{n},\ \vec{B}_2] = (\vec{\imath} + \vec{\imath}_{mag})\,\mu_0$$

where $\vec{\imath}_{mag} = [\vec{M}_1,\vec{n}] - [\vec{M}_2,\vec{n}] = [(\vec{M}_1 - \vec{M}_2),\vec{n}]$.

Using the equation rot $\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t}$ and conducting similar reasoning, we obtain boundary conditions for the vector $\vec{E}$:

$$[\vec{n},\ \vec{E}_1] - [\vec{n},\ \vec{E}_2] = 0 \qquad (7)$$

Thus Maxwell's equations

$$\text{rot}\,\vec{E} = -\frac{\partial\vec{B}}{\partial t} \qquad \text{div}\,\vec{B} = 0 \qquad \text{rot}\,\vec{H} = \vec{j} + \frac{\partial\vec{D}}{\partial t} \qquad \text{div}\,\vec{D} = \rho$$

must be supplemented with boundary conditions (3), (4), (6), (7). These conditions mean the continuity of the tangential components of the vector $\vec{E}$ (7) and the normal component of the vector $\vec{B}$ (4) when crossing the boundary between the two media. The normal component of the vector $\vec{D}$ испытывает experiences a jump when crossing the interface, and the tangential component of the vector $\vec{H}$ if there are surface currents (6) [2,4,5].

Another boundary condition can be obtained using the continuity equation

($\frac{\partial\rho}{\partial t}$ + div $\vec{j}$ = 0) and the equation div $\vec{D} = \rho$ which follows

$\frac{\partial\rho}{\partial t}$ + div $\vec{j} = \frac{\partial}{\partial t}$div $\vec{D}$ + div $\vec{j}$ = div $\left\{\frac{\partial\vec{D}}{\partial t} + \vec{j}\right\}$

Since the boundary condition (4) is a consequence of the equation div $\vec{B}$ = 0, then by analogy we can find:

$$\frac{\partial \vec{D}_{1n}}{\partial t} + j_{1n} = \frac{\partial \vec{D}_{2n}}{\partial t} + j_{2n} \quad (8)$$

If there are no charges on the interface whose surface density depends on time, then (3) and (8) follow the continuity of the normal components of the current density:

$$j_{1n} = j_{2n}$$

So, the boundary conditions on the interface of two media have the form:

$$\vec{n} \cdot (\vec{D}_1 - \vec{D}_2) = \sigma; \qquad [\vec{n}, (\vec{E}_1 - \vec{E}_2)] = 0$$

$$\vec{n} \cdot (\vec{B}_1 - \vec{B}_2) = 0; \qquad [\vec{n}, (\vec{H}_1 - \vec{H}_2)] = \vec{i} \quad (9)$$

where $\vec{n}$ is the normal to the interface directed from medium 2 to medium 1, and must be performed at any point in time and at every point on the interface [1,3,5].

REFERENCES

[1] Landau L. D., Lifshits E. M. Theoretical physics. Field theory. - 7th ed., correct.- Moscow: Nauka. Phys.-Mat. lit., 1988 - 512 p.

[2] Savelyev I. V. General physics Course. Vol. 2. Electricity and magnetism, waves, optics. URL: https://www.for-stydents.ru/fizika/uchebniki/kurs-obschey-fiziki-t-2-elektrichestvo-i-magnetizmvolnyoptika.html (date of issue: 14.12.2019)

[3] Jackson J. D. Classical Electrodynamics. - 3 edition - Wiley, 1998. - 832 p.

[4] Sharipov R. A. Classical electrodynamics and relativity theory. Textbook. — Ufa: Bashkir state University Publishing, 1997. - 165 p.

[5] Kassenova L.G., Mukhambetova A.A. Differential and integral equations in the theory of electromagnetism. // Bulletin of ENU.L. Gumilyov. - 2017. - №6 (212). - p. 141-146.

Касенова Л.Г., Сатаев Б.О.

Электромагниттік өріс үшін шекаралық шарттар

Андатпа. Электромагниттік өріс теориясын бірнеше теңдеулер жүйесі түрінде атақты ағылшын физигі Максвелл тұжырымдаған. Электромагнетизм теориясында бұл теңдеулер маңызды рөл атқарады.

Электродинамика мәселелерін шешу барысында кезкелген макроскопиялық денелердің беттермен шектелгенін ескеру қажет. Осы беттерден өту кезінде макроскопиялық денелердің физикалық қасиеттері өзгереді, бұл жағдай аталған денелер жасаған электромагниттік өрістердің күрт өзгеруіне әкеледі. Осы жерде шекаралық шарттарды білген қажет болады. Олар - екі орта арасындағы шекараның екі жағында өте жақын орналасқан нүктелерден өтетін өріс векторларының бір біріне қатынасы.

Шекаралық шарттар - Максвелл теңдеулерінің ерекше жағдайының салдары болып табылады.

Мақалада өрістердің нормалды және жанамалы құрамдастары арасындағы қатынас анықталған.

Кілттік сөздер: Максвелл теңдеулері; орта параметрлері; екі орта арасындағы шекара; өрістің нормалды құрамдасы; өрістің жанамалы құрамдасы.

Касенова Л.Г., Сатаев Б.О.

Граничные условия для электромагнитного поля

Резюме. Теорию электромагнитного поля сформулировал в виде системы нескольких уравнений знаменитый английский физик Максвелл. В учении об электромагнетизме эти уравнения играют такую же роль, как уравнения (или законы) Ньютона в механике.

Для решения задач электродинамики, помимо уравнений Максвелла, необходимо знать граничные условия – соотношения между векторами поля в двух очень близких точках, находящихся по обе стороны границы раздела двух сред. Граничные условия есть следствие уравнений Максвелла для такого особого случая.

В статье определены соотношения между нормальными и касательными соотношениями полей.

Ключевые слова: уравнения Максвелла; параметры среды; граница раздела двух сред; нормальные составляющие поля; касательные составляющие поля.

УДК 004.67

Y. Kulakova, B. Suleimenov,
(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
e–mail: elena_winters@mail.ru)

CREATION THE KNOWLEDGE BASE OF THE INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR GRAVITATIONAL ENRICHMENT PROCESSES USING EXPERT INFORMATION PROCESSING METHODS.

Abstract. The reliable expert information is the basis of an adequate intellectual system. To create a high–quality foundation for a control system of ore dressing processes in a jigging machine, in this study it is proposed to apply the methods of expert estimations. In order to avoid resource–intensive processing of expert information, a priori, a method for assessing the competence of experts will be used. In which the following factors are taken into account: the level of education of the expert, experience in the ore dressing industry, the experience of work on this technological equipment, the availability of advanced training. To identify the priority of factors in determining the competence of experts, it is proposed to use the hierarchy analysis method. The required number of experts to conduct an expert examination of objects is determined based on the application of statistical analysis. This approach to the selection of experts made it possible to simplify the method of processing expert information to averaging expert values without losing the reliability of the information.

Keywords: method of expert estimations, expert assessment, PFE–matrix, intelligent control system.

Introduction. Currently the artificial intelligence technology are widely used for solving problems of control of production processes. The fact is that the methods of artificial intelligence involve using the knowledge, experience and intuition of people–experts who are familiar with the subject area. In other words, "ready knowledge" effect is applied here. In contrast, the development of a mathematical model is a process of creating "new knowledge", and therefore requires quite a long time to conduct theoretical research, as well as large material and labor costs for conducting experimental research and identifying the model [1].

The vulnerability of classical methods for managing gravitational enrichment processes is related to the multi–dimensionality of technological processes. For example, the technological parameters of chromium enrichment in jigging machines are simultaneously affected by about 20 factors that are in complex interaction with each other and are ambiguous in different conditions.

Literature review has shown that scientists have been working on the development of intelligent models for controlling the processes of gravitational enrichment of chromium ore [2]. Neural networks, fuzzy logic, and hybrid methods are used to create control algorithms [3], [4]. In general, the function of any control system, which built on the basis of intelligent technologies, is making decisions based on the formalized knowledge of a person who knows the subject area well (an expert). Therefore, expert information is the basis of an adequate intelligent system. And the more reliable this information is, the more infallible decisions the control system makes.

The complexity, lack of completeness and reliability of information in the regularities of the processes of gravitational enrichment, in particular jigging, requires the application of the method of expert evaluation to obtain the initial information to represent the initial information when creating control algorithms. In [1] it is proposed to draw up a matrix for planning experiments, which is much more convenient for experts than the compilation of rules for fuzzy products recommended in all textbooks and publications. In this case, the expert puts the value of the output (control) variable in the range from 0.0 to 1.0. At the same time, the PFE planning matrix can be used for three different methods of creating a management model: expert systems, neural networks, and neuro–fuzzy algorithms.

When forming the FPE–matrix, the main source of information is an expert, and to improve the objectivity and quality of the decision–making procedure, it is advisable to take into account the opinions of several experts. This leads to special requirements for the selection of experts, in particular the level of their professional competence, because an insufficient level of expert competence can lead to gross errors in the data and the need to use complex computational methods for processing expert information.

All the set of tasks for obtaining a reliable FPE–matrix, knowledge base, training sample, etc. can be divided into two large classes: with sufficient and insufficient information potential of experts.

When solving first–class tasks, experts are high–quality sources and accurate meters of information. Based on this, the generalized opinion of a group of experts is determined by averaging their individual judgments and is close to the true one.

In relation to the problems of the second class, the experts cannot be considered as sufficiently accurate measuring instruments. Applying the averaging method that is acceptable for competent experts can lead to errors, since the opinion of one expert that differs significantly from the opinion of others may be correct. In this regard, high–quality, resource–intensive processing of expert evaluation results should be used in this case [5].

Therefore, an urgent problem is to increase the reliability of expert information by attracting the most competent experts to the group for the examination.

Methods. The paper suggests using a combined method for assessing the competence of experts. When assessing the competence of experts, the following factors are taken into account: the level of education of the expert, experience in the ore dressing industry, experience of working on jigging machine, passing the course of advanced training.

The essence and stages of implementing the combined method are as follows:

– selection of experts n from a set of N, through intermediate levels, factors for comparison;

–when assessing the competence of experts, it is necessary to take into account the factors that determine their competence in numerical terms. For instance, if the level of education of experts is special secondary, bachelor degree, or master (phD) degree, then the weight of this factor (criterion) for experts is 0; 0.4 and 0.6, respectively. The same is true for other factors (table 1).

Table 1. **Professional competence of the expert**

Factors	The value of the weighting coefficient		
The level of education (F_1)	Special secondary	Bachelor degree	Master or phD degree
	0,2	0,3	0,5
Experience in the ore dressing industry (F_2)	1 – 5 years	6 – 8 years	8 and more
	0,2	0,3	0,5
Experience of working on jigging machine (F_3)	1 – 5 years	6 – 8 years	8 and more
	0,2	0,3	0,5
Passing the course of advanced training., (F_4)	no	less than 3	3 and more
	0	0,4	0,6

– calculation of the weight rating of the i–th expert on the j–th factors is performed using the following algorithm: the matrix a is constructed, which determines the points scored by the i–th expert on the j–th factor:

$$A = \begin{vmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{2n} \\ a_{m1} & a_{m2} & a_{m3} \end{vmatrix} \quad (1)$$

where a_{ij} – points scored by the i–th expert on the j–th factor;

n – number of factors;

m – number of experts.

The sum of $SumX_i$ points scored by the i – th expert on all factors is calculated using the following formula:

$$SumX_i = \sum_{j=1}^{n} a_{ij} \quad (2)$$

The sum of the $SumF_j$ factor points for all experts is calculated, using the following formula:

$$SumF_i = \sum_{i=1}^{m} a_{ij} \quad (3)$$

The weight coefficient of experts for all factors is calculated using the following formula:

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} a_{ij}}, \qquad \sum_{i=1}^{m} = 1. \tag{4}$$

The results of calculating the weight coefficients for eight experts, indicating their positions and 4 factors are shown in table 2.

Table 2. **The weight coefficients for eight experts**

Expert	Position	Factors – F_j					
		F_1	F_2	F_3	F_4	SumX$_i$	W_i
1	The head of the plant	0,5	0,5	0,2	0,4	1,6	0,125
2	Chief technologist	0,5	0,3	0,3	0,4	1,5	0,117
3	Chief of the section of enrichment	0,5	0,5	0,5	0,6	2,1	0,164
4	The deputy chief	0,3	0,5	0,5	0,4	1,7	0,133
5	Shift master 1	0,3	0,5	0,5	0	1,3	0,102
6	Shift master 2	0,3	0,3	0,3	0,4	1,3	0,102
7	Separator 5 grade	0,3	0,5	0,5	0,4	1,7	0,133
8	Separator 4 grade	0,2	0,5	0,5	0,4	1,6	0,125
$SumF_i$		2,9	3,6	3,3	3,0	12,8	1

Based on table 2, experts were ranked in the following order: Expert 3, Expert 4, Expert 7, Expert 1, Expert 8, Expert 2, Expert 5, Expert 6.

To more accurately assess the competence of experts based on table 2 it is necessary to calculate the weight of experts for each factor and enter them in table 3 using the following expression:

$$\beta_{ij} = \frac{a_{ij}}{SumF_j} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^{m} a_{ij}}. \tag{5}$$

To determine the sum of the weights of experts on all the factors used for the calculation of the following expression:

$$Sum\text{Э}_i = \sum_{j=1}^{n} \beta_{ij} \tag{6}$$

The weight coefficient of experts for all factors is calculated using the following expression:

$$W_i = \frac{Sum\text{Э}_i}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \beta_{ij}} = \frac{\sum_{j=1}^{n} \beta_{ij}}{\sum_{i=1}^{m}\sum_{j=1}^{n} \beta_{ij}}. \tag{7}$$

Table 3. **Expert weights for each factor**

Expert	Factors – F_j					
	F_1	F_2	F_3	F_4	SumЭ$_i$	W_i
1	0,172	0,139	0,061	0,133	0,505	0,126
2	0,172	0,083	0,091	0,133	0,480	0,12
3	0,172	0,139	0,152	0,200	0,663	0,166
4	0,103	0,139	0,152	0,133	0,527	0,132
5	0,103	0,139	0,152	0,000	0,394	0,098
6	0,103	0,083	0,091	0,133	0,411	0,103
7	0,103	0,139	0,152	0,133	0,527	0,132
8	0,069	0,139	0,152	0,133	0,493	0,123
$SumF_i$	2,9	3,6	3,3	3,0	4	1

In the next step, the value of the priority vector of factors is calculated. The work suggests using the method of hierarchy analysis for determining the priority vector of factors proposed in [6, 7] .

Calculating the values of the priority vector of factors will help to identify experts who have the most reliable knowledge of the technological process in the jigging machine. To determine the competence of experts, the following factors are used: F1 – level of education; F2– work experience in the processing industry; F3 –experience working on a jigging machine; F4-passing advanced training courses.

Taking into account the specifics of the organization of business processes at the ore dressing plant, the matrix of paired comparisons of factors was compiled (table 4).

Table 4. **Matrix of paired comparisons of factors**

Factors	F_1	F_2	F_3	F_4	The vector of priorities	Normalized estimates of the priority vector $\widehat{k_j}$
F_1	1	1	0,333	0,5	0,637	0,1425
F_2	1	1	0,333	0,5	0,637	0,1425
F_3	3	3	1	1,5	1,917	0,4289
F_4	2	2	0,666	1	1,278	0,2859
Sum	7	7	2,333	3,5	4,469	1

In detail, the process of compiling matrices of paired comparisons of factors and calculating priority vectors is given in [8].

Calculating global expert coefficients based on the priority of factors. To get global GP_j priorities, it is necessary to sum up the normalized factors for each of the experts (table 3) multiplied by their priority vectors (table 4):

$$GP_j = \sum_{j=1}^{m} \beta_{ij} \cdot \widehat{k_j}. \quad (8)$$

Table 5. **Results of global priority calculations**

Experts	Factors – F_j				GP_j
	F_1	F_2	F_3	F_4	
$\widehat{k_j}$	0,1425	0,1425	0,4289	0,2859	
1	0,172	0,139	0,061	0,133	0,10851
2	0,172	0,083	0,091	0,133	0,11339
3	0,172	0,139	0,152	0,200	0,16669
4	0,103	0,139	0,152	0,133	0,1377
5	0,103	0,139	0,152	0,000	0,09968
6	0,103	0,083	0,091	0,133	0,10356
7	0,103	0,139	0,152	0,133	0,1377
8	0,069	0,139	0,152	0,133	0,13286
$SumF_i$	2,9	3,6	3,3	3,0	4

The number of experts n to compile the PFE–matrix, with a probability of 0.997 and a sampling error of no more than 7% is 3 and is calculated using the formula:

$$n = \frac{t^2 \cdot \sigma^2 \cdot N}{\Delta^2 \cdot N + t^2 \cdot \sigma^2}, \quad (9)$$

where t=3 with a probability 0,997;

σ^2= 0,003397 – the sample variance for the data;

N=8 – the sampling frame of experts;

Δ= 0,07 – the maximum sampling error.

Thus, three experts with the maximum values of global priorities were selected from table 5: expert 3, expert 4, and expert 7.

Using the expert competence assessment methodology, it was possible to identify three experts whose knowledge should be formalized in the form of a knowledge base of the intelligent control system of the jigging machine. To do this, a survey was conducted in the form of an interview. The experts were presented with all possible combinations of input variables, and the task was to determine the optimal values of output variables.In the knowledge base, all possible combinations of factor levels are implemented. With the number of levels equal to four for each factor, the knowledge base consists of $m = 4^n$ rows, where n is the number of factors (controlled variables), and m is the number of experiments [9]. In this case, $m = 4^3 = 64$.

After conducting a survey of a group of experts, the results must be processed in order to obtain generalized information and a final PFE–matrix.

Next, it is proposed to determine the competence coefficient of experts when evaluating output variables (the pulse rate of the jigging machine and the bed level). The following matrix was obtained:

$$A = |a_{ij}|_{2x3} = \begin{vmatrix} 1 & 0.95 & 0.9 \\ 0.5 & 0.45 & 0.45 \end{vmatrix},$$

where 1; 0,95; 0,9 – "bed" level values in normalized form specified by the j-th expert;

0,5; 0,45; 0,5 – the values of pulsation rate in the normalized form specified by the j-th expert.

The method presented [10] is used for the calculation. Formulas are used:

$$\sum_{i=1}^{n} C\vec{r} = \lambda_C \vec{r}, \sum_{i=1}^{n} r_i = 1, \qquad (10)$$

где $C=A^TA$, $\vec{x}, r_i$ – собственный вектор матриц C, соответствующие максимальным собственным числам матрицы λ_C .

$$C = A^T A = \begin{vmatrix} 1.25 & 1.175 & 1.1250 \\ 1.175 & 1.105 & 1.0575 \\ 1.125 & 1.0575 & 1.0125 \end{vmatrix}$$

To find the eigenvector of the matrix C corresponding to the maximum eigenvectors and satisfying the normalization properties, we propose to use an approximate method, which consists of the following:

– elements of each row are multiplied;

– the root of the n-th degree is extracted from the resulting product;

– the resulting elements are added together;

– each of resulting elements is divided by the resulting sum [8].

The coefficients of the experts ' competence:

$$\vec{y}_C = \begin{vmatrix} \sqrt[3]{1,25 \cdot 1,175 \cdot 1,125} \\ \sqrt[3]{1,175 \cdot 1,105 \cdot 1,0575} \\ \sqrt[3]{1,125 \cdot 1,0575 \cdot 1,0125} \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} 1.1822 \\ 1.1115 \\ 1.0640 \end{vmatrix} \Rightarrow \vec{x}_C = \begin{vmatrix} 0.342 \\ 0.331 \\ 0.327 \end{vmatrix}$$

Results. The research made it possible to select the most competent experts who know the technological process of chromium enrichment in the jigging machine, have repeatedly performed the installation of this equipment during the shift, and are able to determine the optimal values of output variables for various combinations of input variables. The obtained coefficients of expert competence and global priorities of experts allow us to conclude that the selected experts have the necessary amount of knowledge and experience to form the basis of an intelligent system. It is important to note that the experts ' assessments of competence are almost equal, which confirms the same level of knowledge and competence in this field. In this regard, it is advisable to get the final database by averaging individual opinions of experts. This will greatly simplify the processing of expert information without losing accuracy. In other words, the three selected experts, based on their production experience, will determine individually 64 values of the pulsation rate and 64 values of the 'bed' level, depending on a combination of input variables (on the grade Cr_2O_3 of the raw ore, the grade Cr_2O_3 of the tailings and the grade Cr_2O_3 of the concentrate fraction).

As a result, three PFE-matrix will be obtained and to determine the final one, the standard value for each variable for each mode will be calculated using the formula:

$$v = \sqrt{\frac{v_1 + v_2 + v_3}{3}},$$

where v – the resulting value of the output variable,

v_1 ... v_3 variable values specified by experts.

Discussion. Expert evaluation is the most accessible and universal method of obtaining and analyzing information for building a knowledge base of intelligent control systems, especially in the field of gravitational enrichment. When forming expert assessments, the main source of information is an expert, and to improve the objectivity and quality of the decision-making procedure, it is advisable to take into account the opinions of several experts. Thus, expert methods are based solely on expert assessments made about a problem or task that they know better than others [10].

In the conditions of ore concentrate production, it is very important to identify experts with the maximum coefficient of competence, who thoroughly know the process of equipment operation and all possible modes of operation. This is why in this sudy the combined method was used, which included a method for analyzing hierarchies of factors and a method for evaluating expert competence coefficients.

The total number of experts was eight specialists of the enrishment plant. There are four factors that directly affect the competence of experts. The result is a ranking of experts: Expert 3, Expert 4, Expert 7, Expert 1, Expert 8, Expert 2, Expert 5, Expert 6.

The calculation of global coefficients of experts taking into account the priority of factors is necessary in order to identify factors that have the greatest impact on the competence of experts and thus rank experts according to the global priority.

Comparing the ranking by weight coefficient of experts for all W_i factors (table 2) and global coefficients of experts, taking into account the priority of GP_j factors (table 5). This is due to the fact that factors F3 and F4 are a higher priority when evaluating experts working on enrichment equipment, including the jigging machine. Thus, experts ' assessment of global priorities is more objective.

The number of experts participating in the interview, calculated by formula 9, was three. This is quite enough to obtain objective expert information. Selected experts have the highest values of global priorities.

The competence coefficient of experts is estimated by the degree of consistency of their assessments with the group assessment of objects. As a result, almost numerically identical coefficients were obtained: $\vec{x}_{C1}$=0,342, $\vec{x}_{C2}$=0,331, $\vec{x}_{C3}$=0,337. This indicates that the experts ' estimates are consistent and that the true value of the output variable is close to the standard value of the values obtained from the experts.

Conclusion. The knowledge base (the PFE–matrix) is an important component of an intelligent system. Only on the basis of a reliable priori information it is possible to build a quality control system. The main source of it for The PFE–matrix is the expert. Therefore, an urgent problem is to increase the reliability of expert assessments by attracting the most competent experts to the group for interviews. In addition, if the experts are high-quality sources and fairly accurate information meters, the processing of expert estimates is significantly simplified. The paper presents a method for determining the most competent experts to create a knowledge base of an intelligent control system for the process of gravity ore dressing in a jigging machine. As a result, a method for processing experimental information is proposed as an averaging of the expert values of output variables. This allows us to avoid a large amount of calculations without losing the quality of information in the knowledge base.

REFERENCES

[1] Suleimenov B.A., Kulakova E.A. Development of intelligent system for optimal process control// Resource–saving technologies of raw–material base development in mineral mining and processing: Multy–authored monograph.– Universitas Publishing, Petrosani, Romania, 2020 –p.198

[2] Murthy Y.R. , Tripathy S.K. , Kumar C.R. **Chrome ore beneficiation challenges & opportunities–a review.//** Min Eng. - 2011.-Vol 24 – PP. 375–80

[3] Kumar C.R., Tripathy S., Rao D.S. **Characterization and pre–concentration of chromite values from plant tailings using floatex density separator.//** J Miner Mater Charac Eng.- 2009. – Vol. 8 – PP 367–78.

[4] Panda Lopamudra, Tripathy Sunil Kumar. Performance prediction of gravity concentrator by using artificial neural network–a case study.// International Journal of Mining Science and Technology. – 2014. Vol 14.- PP 461–465.

[5] Guney A., Önal G., Atmaca T. **New aspect of chromite gravity tailings re–processing.//** Min Eng, 2018. – Vol 24. - PP. 1527–30.

[6] Muhammad Saiful Islam, Madhav P. Nepal and others. A knowledge-based expert system to assess power plant project cost overrun risks.// Expert Systems With Applications. – 2019.- Vol.136. – PP. 12-32.

[7] Saati T. Prinjatie reshenij. Metod analiza ierarhij.//Moscow, Radio i svjaz', 1993.

[8] Nikul E.S. Algoritm formalizacii znanij jekspertov. Aktual'nye voprosy issledovanija obshhestvennyh i tehnicheskih sistem.// Taganrog, TTI JuFU, 2011.

[9] Sulejmenov B.A., Omirbekova Zh.Zh., Sulejmenov A.B., Intellektual'nye sistemy upravlenija tehnologicheskimi processami.// Almaty, Shikula, 2017.

[10] N.Nikzad–Khasmakhi, M.A. Balafar, M. Reza Feizi–Derakhshi. The state-of-the-art in expert recommendation systems.// Engineering Applications of Artificial Intelligence 2019. – Vol. 82. – PP. 126-147.

[11] Petrichenko G.S. Analiz sostojanija voprosov jekspluatacii korporativnyh setej na sovremennom jetape.// Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta.- 2014. – Vol. 100. – PP. 378-395.

[12] Ulku Ozturka, S. Ilker Birbilb, Kadir Cicekc. Evaluating navigational risk of port approach manoeuvrings with expert assessments and machine learning.// Ocean Engineering.- 2019. – Vol. 192. – PP. 348-356.

[13] Litvag B.G. Jekspertnaja informacija. Metody poluchenija i analiza.//Moscow, Radio i svjaz', 2015.

[14] Chen J. chu K, Zou R, Vince Yu.A. Systematic study of effect of particles density distribution on the flow and performance of a dense medium cyclone//Powder Technology .-2017.-№ 314 PP.510-523.

[15] Wang M.-X.,Wang, J.-Q. Li. L. New online personalized recommendation approach based on perceived value on consumer characteristics.// J. Intel. Fuzzy System 2017. – Vol. 33. – PP. 287-302.

Е. Кулакова, Б. Сулейменов.

Гравитациялық байыту процестерін басқарудың интеллектуалды жүйесінің білім базасын сараптамалық ақпаратты өңдеу әдістерін қолданумен құру.

Түйіндеме. Білім базасы-зияткерлік жүйенің маңызды құрамдас бөлігі. Сенімді білім базасы негізінде ғана сапалы басқару жүйесін құруға болады. Білім базасы үшін априорлық ақпараттың негізгі көзі-сарапшы. Сондықтан, сұхбат жүргізу үшін ең құзыретті сарапшыларды топқа тарту арқылы сараптамалық бағалаудың сенімділігін арттыру өзекті мәселе болып табылады. Сонымен қатар, егер сарапшылар сапалы көздер және ақпараттың дәл өлшегіштері болса, эксперт бағаларын өңдеу айтарлықтай жеңілдетіледі. Мақалада шөгу машинасында кенді гравитациялық байыту процесін басқарудың зияткерлік жүйесі туралы білім базасын құру үшін ең құзыретті сарапшыларды анықтау әдістемесі ұсынылған. Шығарылатын айнымалылардың сараптамалық мәндерінің орта мәні ретінде сараптамалық ақпаратты өңдеу әдісі ұсынылады. Бұл білім қорындағы ақпараттың сапасын жоғалтпай, көп мөлшерде есептеулерден аулақ болуға мүмкіндік береді.

Түйін сөздер. Сараптамалық бағалау әдісі, сараптамалық бағалау, ТФЭ матрицасы, интеллектуалды басқару жүйесі.

Е. Кулакова, Б. Сулейменов.

Создание базы знаний интеллектуальной системы управления процессами гравитационного обогащения с применением методов обработки экспертной информации.

Резюме. База знаний — важный компонент интеллектуальной системы. Только на основе достоверной базы знаний можно построить качественную систему управления. Главным источником априорной информации для базы знаний является эксперт. Поэтому актуальной проблемой является повышение достоверности экспертных оценок, за счет привлечения в группу наиболее компетентных экспертов для проведения интервью. Кроме того, при условии, если эксперты являются качественными источниками и достаточно точными измерителями информации обработка эспертных оценок значительно упрощается. В работе представлена методика определения наиболее компетентных экспертов для создания базы знаний интеллектуальной системы управления процессом гравитационного обогащения руды в отсадочной машине. Как следствие, предложен метод обработки экспетрной информации как усреднение экпертных значений выходных переменных. Это позволит избежать большого объема вычислений без потери качества информации в базе знаний.

Ключевые слова. Метод экспертных оценок, экспертная оценка, матрица ПФЭ, интеллектуальная система управления.

УДК 539.2/.6:539./.04; 539.23; 539.216.1

M. Aitzhanov, R. Nemkayeva, N. Guseinov, Ye. Mukhametkarimov
(National nanotechnological laboratory of open type al-Farabi KazNU, Almaty, Kazakhstan,
yerzhan.mukhametkarimov@kaznu.kz)

PREPARATION OF TWO-DIMENSIONAL ε-InSe NANOCRYSTAL BY STOICHIOMETRIC FUSION IN VACUUM

Abstract. In this work, a layered InSe crystal with Van-der-Waals (V-d-W) interaction between the layers was obtained by the method of stoichiometric fusion of In and Se particles in vacuum. The study of the structure using X-ray diffraction analysis (XRD) showed that the synthesized crystal has a hexagonal crystal structure with lattice parameters a = b = 4.0 Å, c = 16.6 Å and belongs to the ε phase of the layered modification of the InSe crystal. The Raman spectra of few-layer two-dimensional InSe nanocrystals obtained by micromechanical cleavage of the initial layered V-d-W crystal also indicate the structure of ε-InSe.

Key words: InSe two-dimensional nanocrystal, stoichiometric fusion of chemical elements, micromechanical cleavage, structure.

М. Айтжанов, Р. Немкаева, Н. Гусейнов, Е. Мухаметкаримов
(КазНУ им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан,
yerzhan.mukhametkarimov@kaznu.kz)

ПОЛУЧЕНИЕ ДВУМЕРНОГО НАНОКРИСТАЛЛА ε-InSe МЕТОДОМ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СПЛАВЛЕНИЯ В ВАКУУМЕ

Аннотация. В работе методом стехиометрического сплавления частиц In и Se в вакууме получен слоистый кристалл InSe с Ван-дер-Ваальсовым (В-д-В) взаимодействием между слоями. Исследование структуры с помощью рентгеноструктурного анализа (РСА) показало, что синтезированный кристалл имеет гексагональную кристаллическую структуру с параметрами решетки $a = b = 4.0$ Å, $c = 16{,}6$ Å и относится к ε фазе слоистой модификации кристалла InSe. Спектры комбинационного рассеяния малослойных двумерных нанокристаллов InSe полученных методом микромеханического расщепления исходного слоистого В-д-В кристалла также свидетельствуют о структуре ε-InSe.

Ключевые слова: двумерный нанокристалл InSe, стехиометрическое сплавление химических элементов, микромеханическое расщепление, структура.

Введение

Главная задача современной электроники заключается в создании миниатюрных полупроводниковых приборов с улучшенными характеристиками и производительностью, способные заменить традиционные полупроводниковые материалы, основанные на кремниевой технологии. С развитием технологии двумерных нанокристаллов, материалов атомарной толщины, решение данной задачи стало очевидным. Современные исследования показали, что двумерные нанокристаллы обладают всеми необходимыми свойствами для успешной реализации приборов и устройств электронной промышленности. Уже сегодня продемонстрирована работа опытных образцов гибких электронных и оптоэлектронных приборов [1-8] с использованием двумерных нанокристаллов.

В настоящее время большой интерес вызывают двумерные нанокристаллы на основе семейства халькогенидов металлов с общей формулой M-X [9-11], где M - элементы подгруппы бора IIIA (галий Ga, индий In, талий Ta) или группы IV (германий Ge, олово Sn, свинец Pb), а X - халькогены: сера (S), селен (Se) или теллур (Te). Монослой двумерных нанокристаллов (MX) формируется путем послойного расположения атомов металла и халькогена с определенным чередованием (X-M-M-X). Толщина одного слоя такого наноматериала составляет от 0,7 до 1,2 нм.

Ярким представителем семейства халькогенидов металлов M(IIIA)X является малослойный селенид индия InSe. В этом наноматериале при уменьшении количества слоев можно наблюдать квантово-размерные эффекты. Известно, что объемный InSe является прямозонным полупроводником со слоистой структурой и шириной запрещенной зоны 1,25 эВ. При уменьшении количества слоев до двух, ширина запрещенной зоны InSe увеличивается на ~0,5 эВ [12,13]. В

работе [12] показано, что подвижность носителей заряда в InSe может превышать 10^3 см^2/В*с при комнатной температуре, что позволяет наблюдать квантовый эффект Холла. Более того, внешнее воздействие, например, одноосное механическое растяжение, может изменять зонную структуру двумерного нанокристалла InSe [13].

В большинстве случаев двумерные нанокристаллы получают с помощью техники микромеханического расщепления Ван-дер-Ваальсовых кристаллов, со слабым молекулярным взаимодействием между слоями, которые, в свою очередь, выращивают методом Бриджмена-Стокбаргера [14]. Кроме того, эти кристаллы можно получить на основе принципа «снизу-вверх», в частности осаждением из газовой фазы [15] или с помощью молекулярно-лучевой эпитаксии [16,17]. Опыт показывает, что двумерные нанокристаллы полученные микромеханическим расщеплением имеют более совершенную структуру, а свойства таких нанокристаллов близки к теоретически предсказанной бездефектной идеальной структуре.

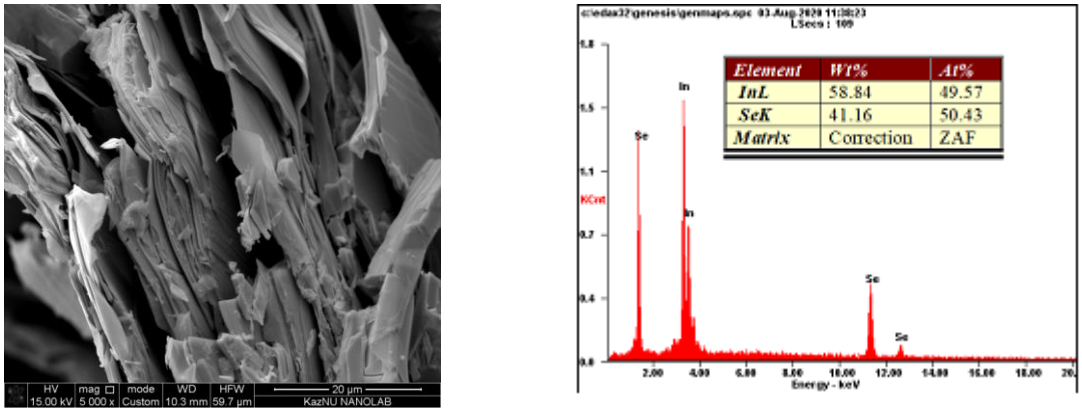
В данной работе синтезирован слоистый кристалл InSe с Ван-дер-Ваальсовым (В-д-В) взаимодействием между плоскостями методом стехиометрического сплавления химических элементов в вакууме. С помощью методов рентгеновской дифрактометрии и Рамановской спектроскопии исследована структура двумерных нанокристаллов InSe.

Технология получения Ван-дер-Ваальсового кристалла InSe

Слоистый кристалл InSe получен методом сплавления частиц In и Se в стехиометрическом элементном соотношении 1:1. Сплавление осуществлялось резистивным нагревом кварцевой ампулы с содержанием смеси частиц In и Se, установленной в вакуумной камере. Давление в камере составляло 10^{-3} Па, температура сплавления 870°C, время сплавления 15 минут. В отличие от метода Бриджмена-Стокбаргера, в этом подходе нет ярко выраженных границ горячей и холодной областей, контроль структуры в процессе сплавления осуществляется временем термического отжига и скоростью охлаждения. Кроме того, в данном случае В-д-В кристаллы InSe получены за гораздо меньшие интервалы времени нагрева и охлаждения. В технологии Бриджмена-Стокбаргера синтез может продолжаться сутками.

Контроль состава и структуры кристалла InSe

Анализ структуры синтезированного кристалла InSe осуществлялся на сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) Quanta 3D 200i. Состав кристалла InSe определялся так же на СЭМ с использованием приставки EDAX. На рисунке 1(а) представлено СЭМ изображение кристалла InSe с характерной слоистостью структуры. Энергодисперсионный (ЭДС) анализ, спектр которого представлен на рисунке 1(б), свидетельствует о стехиометрическом равенстве атомных процентов исходных элементов в кристалле. Во вкладке рисунка 1(б) приведена таблица со значениями элементов в атомных и весовых соотношениях.



а) СЭМ изображение б) ЭДС анализ элементного состава

Рис. 1. СЭМ изображение и элементный состав кристалла InSe

Результаты и обсуждения

Рентгеноструктурный анализ кристаллов InSe

Кристаллическая структура синтезированного кристалла исследована с помощью рентгеноструктурного анализа на рентген-аналитической системе Rigaku с использованием монохроматора CuKα. Известно, что слоистая модификация кристалла InSe в зависимости от расположения плоскостей имеет три политипа β, ε, γ. Первые две модификации имеют гексагональную структуру с пространственной группой симметрий D_{4h}^{6} и D_{3h}^{1}, соответственно, а последняя γ фаза имеет ромбоэдрическую структуру с пространственной группой симметрии C_{3v}^{5}. Все β, ε, γ политипы являются В-д-В кристаллами со слабым межплоскостным взаимодействием.

На рисунке 2 представлены спектры рентгеноструктурного анализа В-д-В кристалла InSe, полученного методом стехиометрического сплавления. Анализ пиков InSe показал, что кристалл обладает слоистой (В-д-В) структурой с гексагональной кристаллической решеткой пространственной группой $P\bar{6}m2$ и параметрами кристаллической решетки $a = b = 4.0$ Å, $c = 16{,}6$ Å. Это в свою очередь означает, что полученный В-д-В кристалл InSe относится к ε фазе.

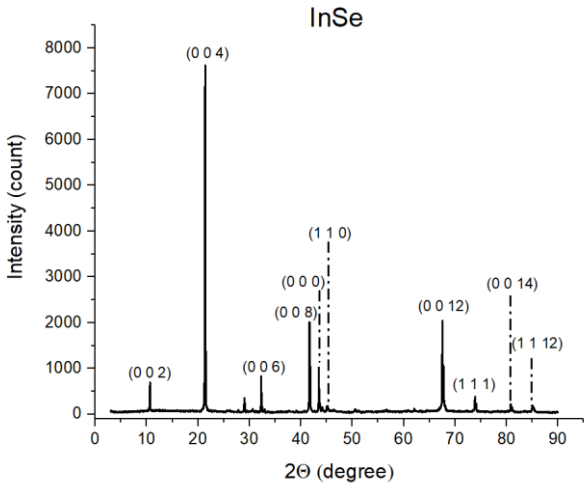


Рис. 2. Спектр рентгеновской дифракции В-д-В кристалла InSe

Рамановская спектроскопия двумерных нанокристаллов InSe

Для исследования структуры малослойного В-д-В кристалла InSe, исходный объемный кристалл был расщеплен микромеханическим способом с использованием липкой ленты и перенесен на подложку SiO_2/Si, с толщиной оксидного слоя 300 нм. С помощью оптического микроскопа был выбран оптимальный участок на поверхности SiO_2/Si со слоистыми нанокристаллами InSe различной толщины. Толщины слоев в выбранном участке измерены на атомно-силовом микроскопе (АСМ) фирмы NT-MDT, результаты представлены на рисунке 3.

Регистрация рамановского сигнала происходила в резонансном режиме с использованием лазера с длиной волны 473 нм на установке Solver Spectrum (NT-MDT).

На рисунке 4(а) представлен оптический снимок перенесенного на подложку SiO_2/Si малослойного InSe с четырьмя выделенными областями. Первая область соответствует объемному кристаллу (>20 слоев). Раман спектр этой области, представленный на рисунке 4(б), характеризуется тремя пиками на 115 см$^{-1}$, 179 см$^{-1}$, 227 см$^{-1}$, которые соответствуют колебательным модам A_{1g}', E_{2g}'- и A_{1g}'' [18-20]. Дополнительный пик на ~200 см$^{-1}$, наблюдаемый в более тонких областях, связан с колебаниями полярных фононов $A_2'' - LO$ в случае малого количества слоев и служит индикатором ε фазы кристалла InSe. Этот пик возникает только при резонансном режиме регистрации сигнала, при котором энергия возбуждающего излучения лазера должна быть близка 2.4 эВ, энергии излучательного межзонного перехода (E') в данном материале. Поскольку относительная интенсивность данного Рамановского пика резко возрастает с уменьшением толщины исследуемого кристалла, то его можно использовать для оценки количества слоев в малослойном ε -InSe.

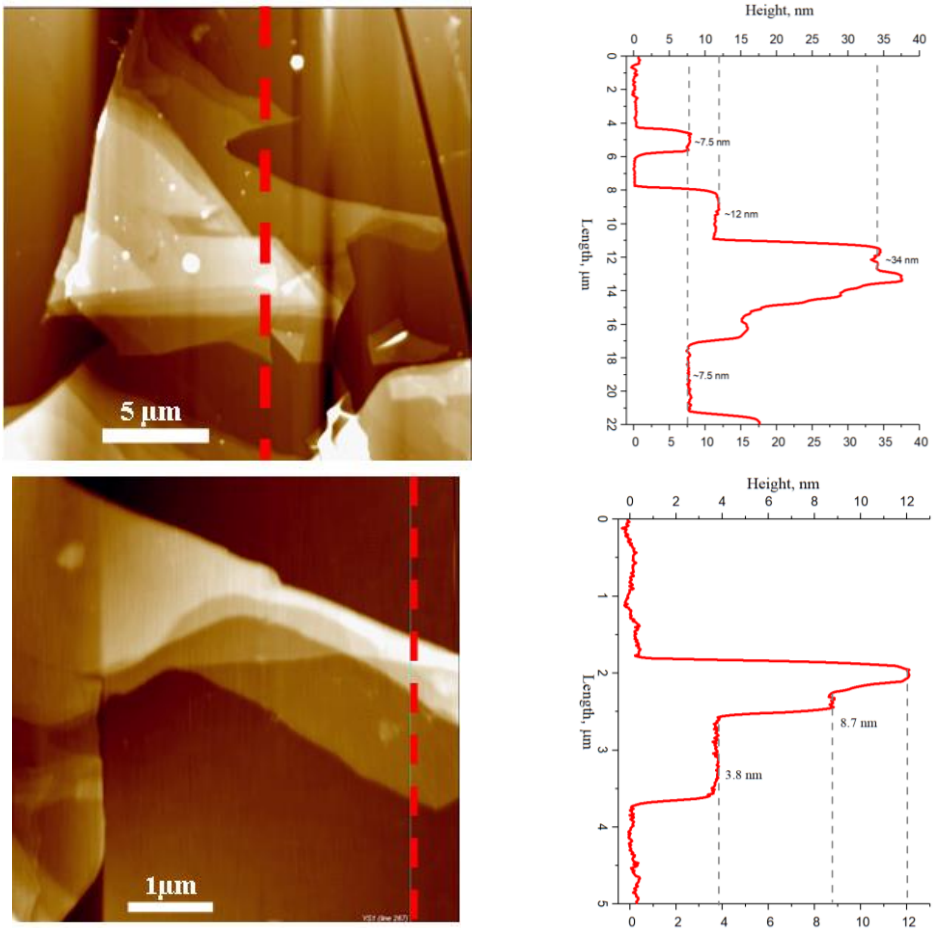
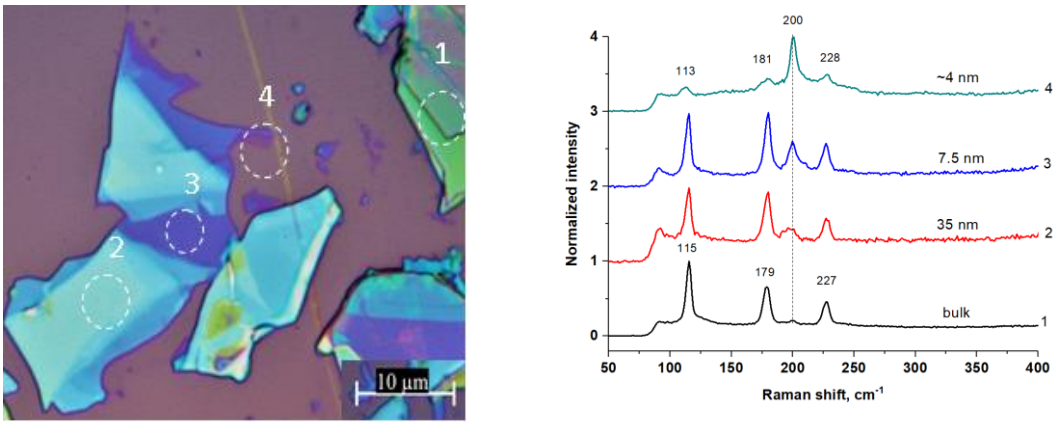


Рис. 3. АСМ изображение и профиль толщины слоев InSe на подложке SiO_2/Si



а) б)

Рис. 4. Снимок оптической микроскопии (а) и спектры рамановского смещения (б) двумерных нанокристаллов InSe

Заключение

В работе представлен простой и экономичный лабораторный метод получения слоистых кристаллов халькогенидов металлов, в частности селенида индия, основанный на стехиометрическом сплавлении частиц In и Se в вакууме. В результате был получен слоистый В-д-В кристалл InSe. Анализ пиков рентгеноструктурного анализа (РСА) показал, что синтезированный кристалл имеет гексагональную кристаллическую решетку ε-InSe с пространственной группой $P\bar{6}m2$ и параметрами решетки $a = b = 4.0$ Å, $c = 16{,}6$ Å. Рамановские спектры двумерных нанокристаллов,

полученных микромеханическим расщеплением слоистого В-д-В кристалла, подтверждают результаты рентгеновской дифрактометрии. Пик при ~200 $см^{-1}$, который наблюдается только в малослойных образцах, может служить индикатором ε-фазы InSe и позволяет оценить количество слоев в двумерных нанокристаллах.

Работа выполнена в рамках проекта ИРН AP08052085 грантового финансирования молодых ученых МОН РК 2020-2022 гг.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Kusmartsev F.V., Wu W.M., Pierpoint M.P., Yung K.C. Application of Graphene within optoelectronic devices and transistors // Applied spectrocpopy and the science of nanomaterials. –2014. –P.191-221.

[2] Ting Y., Feng W., Yang X., Lingling M., Xiaodong P., Deren Y. Graphene Coupled with Silicon Quantum Dots for High- Performance Bulk- Silicon- Based Schottky- Junction Photodetectors // Adv. Mater. –2016. –Vol.28. –P. 4912–4919.

[3] Jan D., Abhay A. Sagade, Martin O., Kenji W., Takashi T., Daniel N., and Christoph S. Ultra-sensitive Hall sensors based on graphene encapsulated in hexagonal boron nitride // Appl. Phys. Lett. –2015. –Vol.106. –P.193501.

[4] Xiluan W, and Gaoquan S. Flexible graphene devices related to energy conversion and storage Energy & Environmental // Science. –2015. –Vol.8(3). –P.790-823.

[5] Domenico De Fazio, Ilya Goykhman, Duhee Yoon, Matteo Bruna, Anna Eiden, Silvia Milana, Ugo Sassi, Matteo Barbone, Dumitru Dumcenco, Kolyo Marinov, Andras Kis, and Andrea C. Ferrari. High Responsivity, Large-Area Graphene/MoS_2 Flexible Photodetectors //. ACS Nano.- 2016.-Vol.10. –P.8252−8262.

[6] Li Gao. Flexible Device Applications of 2D Semiconductors //Small. –2017. –Vol.13. –P.1603994.

[7] Carmen Palacios-Berraquero, Matteo Barbone, Dhiren M. Kara, Xiaolong Chen, Ilya Goykhman, Duhee Yoon, Anna K. Ott, Jan Beitner, Kenji Watanabe, Takashi Taniguchi, Andrea C. Ferrari & Mete Atature // Atomically-Thin Quantum Light Emitting Diodes // Nature Communications. –2016. –Vol. 7(12978). –P.1-6.

[8] Sang Jin Kim, Kyoungjun Choi, Bora Lee, Yuna Kim, and Byung Hee Hong. Materials for Flexible, Stretchable Electronics: Graphene and 2D Materials// Annu. Rev. Mater. Res. -2015. –Vol.45. –P.63–84.

[9] Wenjuan Huang, Lin Gan, Huiqiao Li, Ying Ma and Tianyou Zhai. 2D Layered Group-IIIA Metal Chalcogenides: Synthesis, Properties and Applications in Electronics and Optoelectronics // CrystEngComm. -2016. –Vol.18(22). –P.3968-3984.

[10] Xing Zhou, Qi Zhang, Lin Gan et al. Booming Development of Group IV–VI Semiconductors: Fresh Blood of 2D Family // Adv Sci (Weinh). –2016. –Vol. 3(12). –Art.No. 1600177.

[11] Daniel J Terry, Viktor Zólyomi, Matthew Hamer, Tyurnina A.V., David G Hopkinson, Alexander M Rakowski, Samuel J Magorrian, Nick Clark, Yuri M Andreev, Olga Kazakova Infrared-to-violet tunable optical activity in atomic films of GaSe, InSe, and their heterostructures // 2D materials. –2018. –Vol.5(4). –Art.No. 041009.

[12] Denis A. Bandurin, Anastasia V. Tyurnina, Geliang L. Yu, Artem Mishchenko, Viktor Zólyomi, Sergey V. Morozov, Roshan Krishna Kumar, Roman V. Gorbachev, Zakhar R. Kudrynskyi, Sergio Pezzini, Zakhar D. Kovalyuk, Uli Zeitler, Konstantin S. Novoselov, Amalia Patanè, Laurence Eaves, Irina V. Grigorieva, Vladimir I. Fal'ko, Andre K. Geim & Yang Cao. High electron mobility, quantum Hall effect and anomalous optical response in atomically thin InSe // Nature nanotechnology. –2017. –Vol.12. –P.223-228.

[13] Chaoyu S., Feng-Ren F., Ningning X., Shenyang H., Guowei Zh., Chong W., Zhengzong S., Hua W., and Hugen Y. Largely tunable band structures of few-layer InSe by uniaxial strain // ACS Appl. Mater. Interfaces. -2018. –Vol.10(4). –P.3994-4000.

[14] Min W., Qiyun X., Yizhang W., Jiajin Zh. Wei W., Liang H., Xiaoshan W., and Bin L. Crystal structure and optical performance in bulk γ-InSe single crystals // AIP Advances. –2019. –Vo.9. –Art.No.025013.

[15] Zhou, J., Shi, J., Zeng, Q., Chen, Y., Niu, L., Liu, F. et.al. InSe monolayer: synthesis, structure and ultra-high second-harmonic generation // 2D Materials. –2018. –Vo.5(2). –P.025019.

[16] Nilanthy B., Elisabeth D.S., Emily F. Smith, Zakhar R. Kudrynskyi, Zakhar D. Kovalyuk, Laurence Eaves, Amalia Patanè and Peter H. Beton. Epitaxial growth of γ-InSe and α, β, and γ-In_2Se_3 on ε-GaSe // 2D Mater. –2018. –Vol.5. –Art.No.035026. –P.-1-9.

[17] Poh S.M., Tan S.J.R., Wang H., Song P., Abidi I.H., Zhao X., Dan J., Chen J., Luo Z., Pennycook S.J., Castro Neto A.H., Loh K.P. Molecular-Beam Epitaxy of Two-Dimensional In2Se3 and Its Giant Electroresistance Switching in Ferroresistive Memory Junction // Nano Lett. -2018. –Vol. 18(10). –P. 6340-6346.

[18] Qiaoyan H., Huan Y., Huimin S., Bin W., Zhuo W., Zhezhu L., Yang C., Zhongchang W. Chuanhong J., Junfeng D. and Wenjing Zh. Phase Identification and Strong Second Harmonic Generation in Pure ε-InSe and Its Alloys // Nano Lett. –2019. –Vol.19. –P.2634−2640.

[19] Sánchez-Royo J. F., Muñoz-Matutano G., Brotons-Gisbert M., Martínez-Pastor J. P., Segura A., Cantarero A., Gerardot, B. Electronic structure, optical properties, and lattice dynamics in atomically thin indium selenide flakes // Nano Research. –2014. –Vol.7(10). –P.1556–1568.

[20] Lei, S., Ge, L., Najmaei, S., George, A., Kappera, R. et al. Evolution of the Electronic Band Structure and Efficient Photo-Detection in Atomic Layers of InSe // ACS Nano. –2014. –Vol. 8(2). –P.1263–1272.

Айтжанов, Р. Немкаева, Н. Гусейнов, Е. Мухаметкаримов
Вакуумды стехиометриялық балқыту арқылы ε-InSe екі өлшемді нанокристалдарын алу
Түйіндеме. Бұл жұмыста InSe Ван-дер-Ваальс (В-д-В) қабатты кристалы вакуумда In және Se бөлшектерін стехиометриялық балқыту әдісінің көмегімен алынды. Рентгендік дифракциялық талдауды (XRD) арқылы синтезделген кристалдың a = b = 4.0 Å, c = 16,6 Å тор параметрлері бар гексагоналды құрылымға ие екендігін және InSe кристалының қабатты модификациясының ε фазасына жататыны көрсетілді. Синтезделген қабатты В-д-В кристаллын микромеханикалық ажырату арқылы аз қабатты екі өлшемді InSe нанокристалдарының раман спектрлерінің шыңдары да құрылымның ε-InSe фазасына сәйкестігін көрсетті.
Түйін сөздер: InSe екі өлшемді нанокристалл, химиялық элементтердің стехиометриялық балқуы, микромеханикалық ажырату, құрылым.

УДК 621.38; 004.9

Buribayev Z.[1, 4], Merembayev T.[2, 4], Yeshmukhametov A.[3], Amirgaliyev Y.[1,4]
([1]Kazakh National University, Almaty
[2]International IT-University, Almaty
[3]Satbayev University, Almaty
[4]Institute of Information and Computational Technologies, Almaty
e-mail: zholdas_87@mail.ru)

DETECTION AND CALCULATION OF OBJECT COORDINATES USING STEREO VISION FOR AUTOMATIC HARVESTING

Abstract. An accurate estimate of the distance between the robot and equipment is essential for the application of robots. Sensors such as laser and sonar are mainly used to calculate distances. The research considers a pair of Web cameras for distance measurements To solve this problem, the stereo vision method was proposed. A comparison of the accuracy of the calculations was done for 3 zones: left, right and center. This separation allows us to identify possible distortion or camera failure at the edge of the image. As a result of research, the accuracy of 71.939% was achieved. Also defined parameters which can help to improve the precision of object coordinates in 3D.
Keywords: stereo vision, robots, pattern recognition, disparity map, depth map

Ж Бурибаев.[1, 4], Т. Меретбаев [2, 4], А. Ешмухаметов [3], Е. Амиргалиев [1.4]
([1] Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, Алматы,
[2]Международный ИТ-университет, Алматы.
[3]Сатбаев Университет, Алматы
[4]Институт информационных и вычислительных технологий, Алматы
e-mail: zholdas_87@mail.ru)

ОБНАРУЖЕНИЕ И РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УБОРКИ УРОЖАЯ

Аннотация. Точная оценка расстояния между роботом и оборудованием имеет важное значение для применения роботов. Такие датчики, как лазер и гидролокатор, в основном используются для расчета расстояний. В исследовании рассматривается пара веб-камер для измерения расстояний. Для решения этой проблемы был предложен метод стереозрения. Сравнение точности расчетов было сделано для 3 зон: левой, правой и центральной. Такое разделение позволяет нам определить возможные искажения или сбой камеры на краю изображения. В результате исследований была достигнута точность 71,939%. Также определены параметры, которые могут помочь повысить точность координат объекта в 3D.
Ключевые слова: стереозрение, роботы, распознавание образов, карта неравенства, карта глубины

Введение. Использование технологии компьютерного зрения широко применяется в различных областях, а также имеет коммерческий успех. Благодаря успеху технологии, научные исследования в этой области представляют большой интерес для ученых. В направлении компьютерного зрения существует два больших направления исследований: обработка изображений и распознавание образов. В данной статье рассматриваются проблемы обработки изображений, это первый шаг для будущих исследований в области распознавания образов.

Приборы компьютерного зрения можно разделить на две категории:

– 2D-получение изображения без глубины изображения.

– 3D-получение изображений, с помощью которых можно рассчитать значения Z.

2D-изображения. Данные изображения получаются с монокамеры, и в результате получается" плоское " изображение. Часто эти камеры устанавливаются на устройствах, которые выполняют динамические движения и разлагают 2D-изображения во времени.

3D-изображения. Данные изображения достигаются с помощью стереопары изображений. Устройство для фотографирования состоит из двух одинаковых камер.

Нормальные монокулярные визуальные эффекты страдают от смещения масштаба. Новаторские исследователи [1-4] показывают, что эта проблема может быть смягчена путем обучения на основе двумерных функций потока. Вдохновленный RGBD-SLAM, относительное преобразование может быть оценено непосредственно из решения проблемы PnP, когда задана глубина.

Для решения этой задачи авторы использовали алгоритмы глубокого обучения. CNN-SLAM [5] является предшественником обучения прогнозированию глубины с помощью монокулярного шлема для создания точной плотной 3D-карты.

В работе [6] рассматривается решение задачи вычисления трехмерных (3D) координат для материальной точки. Для этого используются два плоских изображения (стереопара), которые соответствуют левой и правой точкам обзора 3D-сцены. Стереопара получается с помощью двух камер с параллельными оптическими осями. Для проверки теоретических результатов был проведен ряд экспериментальных исследований. В ходе этих экспериментов несоответствие аминора было вызвано пространственным искажением камеры (искажением) в оптической системе и ее несоответствием. При использовании высококачественной стереоскопической системы существующий расчет расхождений позволяет применять этот метод к широкому кругу практических задач.

В работе [7] проанализированы погрешности расчета расстояния до объекта с помощью стереоскопической системы. Было установлено, что процентная погрешность вычисления расстояния обратно пропорциональна количеству пикселей, используемых при сдвиге между двумя изображениями, и прямо пропорциональна расстоянию до объекта.

Применение обработки стереоизображений используется для интерпретации геологии на основе журнала изображений (изображения забоя скважины). Это помогает сэкономить время для интерпретации кернового образца [8].

Основываясь на обзоре проделанной работы, мы выделяем следующие выводы:

– Определение расстояния с помощью монокамеры не имеет широкого применения и исследований. Хотя использование монокамеры должно снизить себестоимость производства технических устройств.

– Снижение погрешности определения расстояния, исследования в области стереовидения недостаточно изучены и имеют перспективы для более детального изучения.

В этом исследовании мы попытались решить проблемы, полученные из обзоров литературы. Это исследование описывает эксперимент со стереокамерой, вычисление ошибки и определение параметров, которые повлияли на эту ошибку.

1 Методы исследования

В статье описан метод обучения искусственного интеллекта распознаванию расстояния до объекта с помощью современного детектора компьютерного зрения YOLO, использующего триангуляцию. При съемке объектов использовалась монокамера, а для расчета расстояния между камерой и объектом изображение передавалось с камеры на классификатор объектов, основанный на современном детекторе объектов компьютерного зрения YOLO (вы смотрите только один раз). YOLO - это быстрый и точный детектор объектов, основанный на сверточной нейронной сети (CNN) [9]. Выходные данные - это ограничительные границы обнаруженных объектов на изображении и метки классов обнаруженных объектов. Прежде всего, объекты классифицируются по определенным параметрам, в нашем случае по цвету. После классификации параметры обрабатываются для вычисления координат ограничивающих рамок. На основе координат ограничивающего кадра вычисляется расстояние от объекта до камеры. Структурная схема предлагаемой системы

проиллюстрирована на фиг. 1, пример оценки расстояния до помидоров. Для того чтобы сделать исследовательскую работу реалистичной и применить полученные результаты в любых условиях, мы использовали томатный набор данных, полученный при съемке объектов в тепличном комплексе без участия профессиональных съемочных механизмов (проф. фотограф, специальное освещение и др.).). Томатный набор данных был собран в тепличном комплексе "БРБ АПК", расположенном в городе Алматы, Казахстан.

Измерение расстояния между роботом и объектом необходимо для управления действиями робота, такими как захват объекта или даже обход препятствий [10, 11]. Существует множество методов оценки расстояния, таких как ультразвук, лазер и (видео, фото) камеры. Методика, основанная на видеокамере, имеет преимущество своей низкой стоимости, поэтому в данной работе мы опишем метод измерения расстояния между стереокамерой и объектом (помидором).

Процесс вычисления расстояния включает в себя пять шагов: калибровка стерео камеры, вычисление карты диспропорций, вычисление карты глубины, вычисление 3D-координат объекта в реальном мире, вычисление расстояния между стерео камерой и объектом.

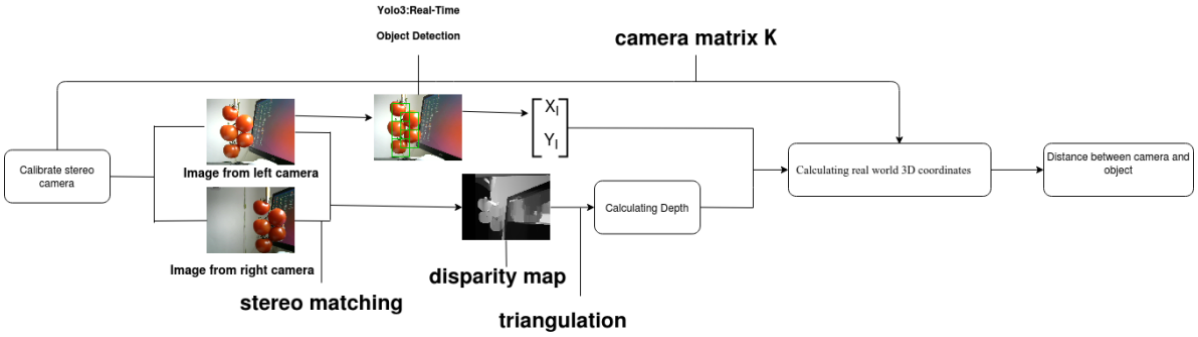


Рис. 1. Структурная схема предлагаемой системы

Этап калибровки стерео камеры включает в себя процессы выпрямления изображения и фильтрации полученного изображения. Калибровка стерео камеры-это процесс получения внутренних параметров и внешних параметров. Внутренние параметры являются результатом искажения объектива, в то время как внешние параметры зависят от моделирования геометрических соотношений между двумя камерами. Для этого процесса мы одновременно снимали шахматную доску с двух веб-камер. Чтобы повысить качество калибровки, мы сделали 65 фотографий рис. 2.



Рис. 2. Пример калибровки стерео камеры

Во время процесса калибровки углы шахматной доски ищутся во всех изображениях, снятых левой и правой камерами одновременно. Затем положение углов для каждого изображения сохраняется в векторе изображения, а точки объекта для 3d-сцены сохраняются в другом векторе. Затем процесс коррекции изображения выполняется с использованием этих значений. Для успешной калибровки стерео камеры было использовано 65 пар изображений шахматной доски. После

завершения процесса мы получили такие данные, как: матрица камеры, коэффициенты искажения, векторы вращения и смещения.

Для расчета карты несоответствия стерео камеры мы использовали алгоритм OpenCV libraries Stereo SGBM. Алгоритм Stereo SGBM основан на идее пиксельного сопоставления и последующего применения глобальных двумерных ограничений [13]. Задача вычисления параллакса в СГБМ формулируется как задача минимизации критерия подобия:

$$S(p,d) = \sum_r L_r(p,d) \tag{1}$$

где p-пиксель первого изображения, d-горизонтальный параллакс этого пикселя, а L-величина, характеризующая "путь, пройденный в направлении r". Карта рассогласования для базового изображения вычисляется, как и в обычных методах локального сопоставления, путем выбора для каждого пикселя p такого смещения d, которое удовлетворяет критерию наименьшего сходства, т. е.

Значение дисперсии пикселей часто интерпретируется как обратное расстояние до наблюдаемых объектов. Другими словами, рассогласование обратно пропорционально глубине. Поэтому обнаружение несоответствий имеет важное значение для построения карты глубины.

$$\text{Depth} = \frac{f * b}{\text{Disparity}} \tag{2}$$

где f-фокусное расстояние камеры, b-расстояние между камерами, диспаритет - величина карты рассогласования.

3D координаты объекта в реальном мире вычисляются по формуле (3).

$$X = \frac{\text{Depth} * \left(x_{\text{pixel}} - c_x\right)}{f_x}$$
$$Y = \frac{\text{Depth} * \left(y_{\text{pixel}} - c_y\right)}{f_y} \tag{3}$$
$$Z = \text{Depth}$$

где глубина-значение глубины пикселя, fx, fy-фокусные расстояния, выраженные в пиксельных единицах, cx, cy-основная точка, которая обычно находится в центре изображения, X пиксель, y пиксель-2D координаты в пикселях.

После выполнения описанных выше шагов, чтобы рассчитать расстояние между стереокамерой и объектом, мы использовали Евклидово расстояние в соответствии с (4).

$$z_2 - z_1^2$$
$$y_2 - y_1^2 + x_2 - x_1^2 \tag{4}$$

где x1, y1, z1-координаты стерео камеры, x2, y2, z2-координаты объекта.

В этом исследовании мы использовали веб-камеру Logitech HD Webcam C270 со следующими техническими характеристиками в таблице 1.

Таблица 1. **Спецификация камеры.**

N	Тип	Описание
1	Матрица	Разрешение: 1280 x 720 пикселей
2	Разрешение камеры	До 3 мегапикселей с программной обработкой
3	Максимальное Разрешение	720p / 30 кадров в секунду
4	поле зрения(˚)	60
5	Тип фокусировки	фиксированный фокус

Цель эксперимента-вычислить расстояние от стерео камеры до нужного объекта (помидора). Обнаруженный объект отслеживается с помощью ограничительной рамки, показанной на фиг. 3. При тестировании среднее время обнаружения в кадре занимает 69 МС, это 15-16 кадров в секунду (кадров в секунду).

В таблице 2 приведены результаты эксперимента. Как вы можете видеть, расчетные данные расстояния не совсем соответствуют реальным данным. Эта проблема связана с расчетом величины диспаритета и зависит от четырех факторов, таких как:

1. Импульсное освещение
2. Короткая экспозиция
3. Несогласованные ставни
4. Большие низко контрастные области в сцене .



Рис. 3. Пример обнаружения помидора

На основе полученных данных были рассчитаны погрешности между реальным расстоянием и расстоянием, рассчитанным с помощью камеры. Для этого расчета были использованы следующие показатели: R2 и среднеквадратичное значение таблицы 2.

Таблица 2. **Фактическое и измеренное расстояние.**

Реальное расстояние (см)	Оценка расстояния справа (см)	Оценочное расстояние слева (см)	Оценка расстояния до центра (см)
10			8.19
15			10.48
20	12.01		14.33
25	14.49	13.68	13.47
30	15.6	16.88	16.67
35	17.78	18.85	18.91
40	19.83	21	21.68
45	22.51	22.22	24.81
50	24.81	23.71	28.37
55	29.47	25.16	29.63
60	29.47	29.31	33.34
65	29.97	32.33	35.8
70	31.3		37.04
75			39.22
80			

Сравнение точности расчета расстояния делится на 3 зоны: левую, правую, центральную. Это разделение позволяет нам определить возможные искажения или отказ камеры на краю изображения. На основании результатов таблицы 2 была получена метрическая точность. Общая точность расстояния также была рассчитана для всех измерений - общие данные.

Таблица 3. **Метрика точности расстояния**

Зона измерения	**R2 metrics**	**MSE metrics**
Центр	0.869	98.314
Слева	0.946	32.437
Справа	0.879	81.404
Общее	0.894	71.939

На рисунке 4 приведены табличные результаты таблицы 2 в графическом виде.

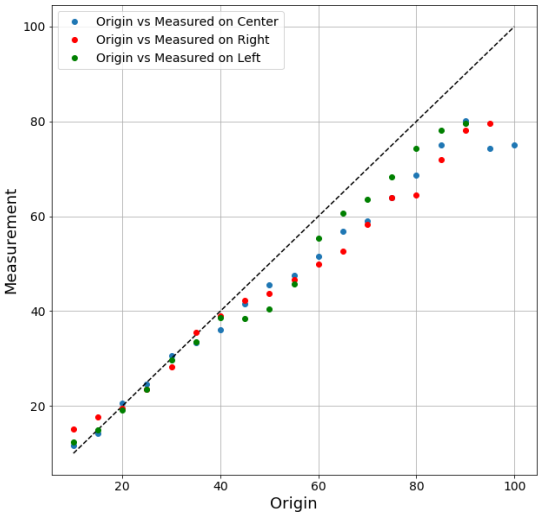


Рис. 4. Графическое отображение результатов сравнения известных расстояний и измеренных

На основе разработанного алгоритма можно повысить точность и скорость расчета расстояний за счет использования параллельных вычислительных алгоритмов. Также, учитывая полученные результаты, можно применить этот метод к роботу TakoBot [13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Этот эксперимент проводится с камерой низкого разрешения, чтобы проверить, соответствует ли предложенный алгоритм и точность измерений может быть улучшена с помощью камеры высокого разрешения. Шум изображения является основной неизбежной причиной ошибок на этапе получения изображения. Такие ошибки могут возникнуть при нахождении точной точки соприкосновения объекта с землей. Другой потенциальной причиной ошибки является изменение изображения.

Кроме того, точность измерения освещается, будь то естественное или искусственное освещение. Проверка этой гипотезы требует дополнительных исследований.

В ходе исследования был проведен эксперимент по выявлению параметров, которые позволили бы повысить точность расчета расстояния до объекта с помощью одной неподвижной камеры, даже если поверхность объекта не параллельна камере и объект не ограничен вертикальным перемещением оптической оси.

Работа выполнена при поддержке гранта МОН РК №AP05132648 «Создание вербально-интерактивных роботов на основе современных речевых и мобильных технологий», выполняемой в Институте информационных и Вычислительных Технологий КН МОН РК, по контракту №211 от 19.03.2018.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Costante, Gabriele, and Thomas Alessandro Ciarfuglia. "LS-VO: Learning dense optical subspace for robust visual odometry estimation." IEEE Robotics and Automation Letters 3.3. pp. 1735-1742, 2018

[2] Clark, Ronald, et al. "Vinet: Visual-inertial odometry as a sequence-to-sequence learning problem." Thirty-First AAAI Conference on Artificial Intelligence. 2017.

[3] Muller, Peter, and Andreas Savakis. "Flowdometry: An optical flow and deep learning based approach to visual odometry." 2017 IEEE Winter Conference on Applications of Computer Vision (WACV). IEEE, 2017.

[4] Wang, Sen, et al. "Deepvo: Towards end-to-end visual odometry with deep recurrent convolutional neural networks." 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA). IEEE, 2017.

[5] Tateno, Keisuke, et al. "Cnn-slam: Real-time dense monocular slam with learned depth prediction." Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 2017.

[6] Mussabayev, R. R., Kalimoldayev, M. N., Amirgaliyev, Y. N., Tairova, A. T., & Mussabayev, T. R. "Calculation of 3D Coordinates of a Point on the Basis of a Stereoscopic System." Open Engineering. Vol. 8, issue 1, pp. 109-117, 2018.

[7] Marengoni, Mauricio, and Denise Stringhini. "High level computer vision using opencv." 2011 24th SIBGRAPI Conference on Graphics, Patterns, and Images Tutorials. IEEE, 2011.

[8] Merembayev T., Yunussov R. and Amirgaliyev Y. "Machine Learning Algorithms for Classification Geology Data from Well Logging." 2018 14th International Conference on Electronics Computer and Computation (ICECCO). IEEE, 2018, pp. 206-212

[9] Joseph Redmon, Santosh Divvala, Ross Girshick, Ali Farhadi. You Only Look Once:Unified, Real-Time Object Detection

[10] A. Yeshmukhametov, Z. Buribayev, Y. Amirgaliyev, B. Amirgaliyev, K. Latuta. Bio-inspired a novel continuum robot arm with variable backbone design: Modelling and validation. Journal of Theoretical and Applied Information Technology. Vol. 97, issue 19, pp. 5036-5047, 2019.

[11] Yeleussinov, T. Islamgozhayev, M. Satymbekov and A. Kozhagul. CVCER: Robot to Learn Basics of Computer Vision and Cryptography. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Vol. 417, issue 1, 2018.

[12] https://docs.opencv.org/2.4/modules/calib3d/doc/camera_calibration_and_3d_reconstruction.html#stereosgbm-stereosgbm

[13] A.Yeshmukhametov, K.Koganezawa, A.Seidakhmet, Y. Yamamoto. A Novel Passive Pretension Mechanism for Wire-Driven Discrete Continuum Manipulators. Proceedings of the 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration Honolulu, Hawaii, USA, January 12-15, 2020.

Бурибаев Ж., Меретбаев Т., Ешмухаметов А., Амиргалиев Е.

Автоматты егін жинау үшін стерео көру арқылы объектінің координаттарын анықтау және есептеу

Түйіндеме. Робот пен жабдық арасындағы қашықтықты дәл бағалау роботтарды қолдану үшін маңызды. Лазер мен гидролокатор сияқты датчиктер негізінен қашықтықты есептеу үшін қолданылады. Зерттеу қашықтықты өлшеу үшін веб-камералардың жұбы қарастырылады. Бұл мәселені шешу үшін стерео әдісі ұсынылды. Есептеу дәлдігін салыстыру 3 аймақ үшін жасалды: сол, оң және Орталық. Мұндай бөлу сурет шетіндегі мүмкін бұрмалаушылықтарды немесе камераның сәтсіздігін анықтауға мүмкіндік береді. Зерттеу нәтижесінде 71,939% дәлдікке қол жеткізілді. Сондай-ақ, 3D нысан координаттарының дәлдігін арттыруға көмектесетін параметрлер анықталды.

ӘОК 004.6

B. Bissarinov, A. Bissarinova

PROCESSING AND ANALYSIS OF BENIGN AND MALICIOUS TRAFFIC BASED ON K-MEANS AND K ++ CLUSTER ALGORITHMS USING BIG DATA ANALYSIS TECHNOLOGIES

Abstract. Processing and analysis of Big Data is currently crucial and relevant for all areas. This article discusses the use of Big Data analysis technologies to solve the problem of data clustering. The article describes the experience of using K-means, K-means++ methods, one of the most commonly used algorithms in data modeling for creating analytical platforms in Data Science. The study describes the effectiveness and features of the K-means clustering algorithm to distinguish between benign and malicious traffic in networks. The data and their characteristics are presented, the optimal number of clusters and the method for determining centroids are explained. In addition, the work discusses the effectiveness of a clustering algorithm. In particular, determining the accuracy of the algorithm, the dependence of the speed of the algorithm and the selected data size for building a data model, observation of model parameter changes (for example, the location of centroids) and comparison of results are considered.

Keywords: Big Data (Big Data), Data Science, K-means, K-means ++ methods, Big Data Analytics (BDA).

Б.Ж. Бисаринов[1], А.Т. Бисаринова[2]
([1]Қ.И. аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық университет,
Алматы қаласы, Қазақстан, bbaituma@gmail.com,
[2] «Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті» АҚ,
Алматы қаласы, Қазақстан, aigulbis@mail.ru)

ПАЙДАЛЫ ЖӘНЕ ЗИЯНДЫ ДЕРЕКТЕР АҒЫМЫН K-MEANS ЖӘНЕ K-MEANS ++ КЛАСТЕРЛІК АЛГОРИТМДЕР НЕГІЗІНДЕ, BIG DATA ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ӨҢДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ

Андатпа. Үлкен деректерді өңдеу және талдау бүгінгі таңда барлық салаларда басты назарда. Аталмыш жұмыста үлкен деректерді кластерлеу мәселесін шешуде Big Data технологиясын қолдану мәселесі қарастырылған. Мақалада деректер ғылымында (Data Science) аналитикалық платформаларды жасау үшін статистикалық модельдерде құрылған бірқатар алгоритмдердің ішінде ең жиі қолданылатын алгоритмдердің бірі [1] K-means, K-means ++ әдістерін қолдану тәжірибесі сипатталынады. Ғылыми жұмыста пайдалы және зиянды трафикті ажырату үшін К-кластерлеу алгоритмінің қолданылу тиімділігі мен ерекшелігі сипатталынған. Пайдаланылған мәліметтер жиынтығы және оның сипаттамалары келтіріледі, кластерлердің оңтайлы санын және центроидтарды анықтау әдісі түсіндіріледі. Сонымен қатар, жұмыста деректерді өңдеуге кластерлік алгоритм қолдана отырып, алгоритмнің тиімділігі туралы сөз болады. Атап айтсақ, алгоритмнің дәлдігін анықтау, алгоритмнің жылдамдығы мен таңдалған модельдің тәуелділік мәселелері, модельдің параметрлерінің өзгеруін (мысалы, центроидтардың орналасуы) салыстыру, бақылау және зерттеу нәтижелері қарастырылып отыр.

Түйін сөздер: үлкен деректер (Big Data), Data Science, K-Means, K-means ++ әдістері, Big Data Analytics (BDA).

Кіріспе. Қазіргі әлемде кластерлік анализде ұжымдық шешім қабылдау әдісіне негізделген тәсіл кеңінен қолданылады. Ұжымдық әдіс - зерттелетін мәліметтерді кластерлік талдауды сол мәселені зерттейтін ғалымдар тобы жүргізеді, зерттелетін мәліметтер аймағында ұжымдық шешім қабылдау нәтижесінде зерттеу нәтижелері алынады. Кластерлік талдау алгоритмдері әмбебап емес болғандықтан, әр алгоритм қолданылады қатаң анықталған аймақ, яғни кейбір алгоритмдер әр кластердің объектілері көп өлшемді кеңістіктің «сфералық» аудандарымен сипатталатын тапсырмаларға арналған; басқа алгоритмдер «таспа» кластерлерін және т.б. жақсы жұмыс істейді[2]. Зерттелетін мәліметтердің гетерогенділігімен кластерлерді ажырату үшін бір нақты алгоритмді қолданудың орнына әр түрлі алгоритмдердің жиынтығын қолданған жөн. Ұжымдық тәсіл алгоритм параметрлерін таңдаудың топтастыру нәтижелеріне әсерін азайтады [3].

Деректерді сипаттау

Осы жұмыста пайдаланылатын деректер UCI Machine Learning Repository ашық көздерінен алынған. Репозиторийдегі бастапқы деректер зерттеуге пайдаланылған бөлікке қарағанда әлдеқайда үлкен. Дегенмен, бағандардың жалпы саны 115, ал жолдар саны 267 821 жолды құрайды. Бастапқыда пайдаланылған мәліметтердің екі бөлігі бөлек орналасқан болатын, бір файлда пайдалы трафиктің мәні берілген, ал басқа файлда зиянды трафик деректері келтірілген. Екі деректер бөлігі біріктірілді. Шамамен, алгоритмді іске қосқаннан кейін кластерлердің екі түрін анықтау керек. Бұл іс жүзінде орындалды және нәтижелері ғылыми мақаланың соңғы бөлігінде көрсетілген.

K-means алгоритмін сипаттау

К- *means* кластерлеу n объектілерді k кластерлерге бөлуге арналған, онда әр объект жақын орташа мәні бар кластерге жатады. Бұл әдіс ең үлкен айырмашылықпен дәл k түрлі кластерлер береді. Ең үлкен бөлінуге (қашықтыққа) әкелетін k кластерлерінің ең жақсы саны априор болып табылмайды және оны мәліметтерден есептеу керек. К- *means* кластерлеудің мақсаты кластердің дисперсиясы немесе квадраттық функциядағы қателіктердің жалпы есебін азайту болып табылады.

K-means бақыланбайтын кластерлік алгоритм. Басқаша айтқанда, бұл алгоритм белгісіз деректер үшін мәліметтерді топтарға топтастыру үшін қолданылады. Деректер нүктелері ерекшеліктердің ұқсастығы негізінде топтастырылады[4]. Алгоритмнің екі маңызды параметрі - кластерлер саны және әр кластердің центроидтерінің орналасуы. Кластерлердің санын К әрпімен белгілейді, алгоритмнің атауы да осыдан шығады.

Алгоритмнің кезеңдерінің қысқаша сипттамасы [5]:

1-қадам: кластерлердің дұрыс санын есептеу, содан кейін таңдау, ол К болады.

2-қадам: Кездейсоқ К нүктелерін таңдап, оларды кластерлердің центроидтері ретінде белгілеу.

3-қадам: Әр деректер нүктелерін кластер мүшесі ретінде белгілеңіз, олардың центроидри оған ең жақын

4-қадам: Жаңа мүшелерден тыс жаңа центроидты есептеп шығарыңыз және әр кластерге жаңа центроидты таңдаңыз

5-қадам: Әр нүктені жаңа центроидтарға қайта салыңыз.

6-қадам: 4-қадамды және 5-қадамды, деректер нүктесін қайта тағайындау болмайынша қайталаңыз[6].

K –ны есептеу

K-ны дұрыс анықтау - кластерлеуді дұрыс жүргізудің маңызды қадамы болып табылады. Бұл кластерлердің қосындысының квадраты Within Cluster Sum of Squares (WCSS) деп аталатын өлшемді қолдану арқылы жасалады.

K =3 болғанда, WCSS формуласы келесідей болады:

$$WCSS = \sum_{P_i \text{ in Cluster } 1} distanse(P_i, C_1)^2 + \sum_{P_i \text{ in Cluster } 2} distanse(P_i, C_2)^2 + \sum_{P_i \text{ in Cluster } 3} distanse(P_i, C_3)^2 \quad (1)$$

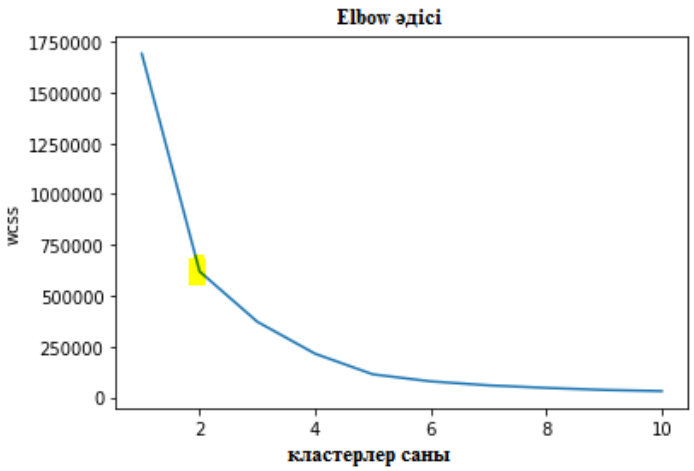
K = n үшін формула келесідей болады:

$$WCSS = \sum_{P_i \text{ in Cluster } 1} distanse(P_i, C_1)^2 + \sum_{P_i \text{ in Cluster } 2} distanse(P_i, C_2)^2 + \cdots + \sum_{P_i \text{ in Cluster } n} distanse(P_i, C_n)^2 \quad (2)$$

Мұндағы P- деректер нүктесі, ал C - (1) және (2) үшін центроид.

Сонымен, WCSS-ті өлшегеннен кейін K-ны тізбектеп таңдау үшін, Elbow әдісін қолдана отырып оңтайлы K-ны анықтау арқылы орындауға болады. Төменде Elbow әдісі бейнеленген. WCSS мәнінің төмендеуі күрт өзгеруді тоқтатады - бұл кластерлер санын анықтауда маңызды нүкте.

Графиктен K = 2 кезінде «Elbow» деп аталатындығын байқаймыз, содан кейін WCSS мәнінің өзгеруі алдыңғы нүктелік мәндерден айырмашылығы үлкен емес екенін көруге болады. Бұл бастапқыда трафиктің екі түрінің, яғни пайдалы және зиянды болғанын растайды. K мәні анықталса, осылай болады.



1-сурет. Elbow әдісінің графигі.

Центроидтарды анықтау

Центроидтарды анықтаған кезде К-алгоритмінің сәл кемшілігі бар. Ол орталық орташа нүктелерді есептеуде өте сезімтал. Кластерлеуді тиімдірек және дәлірек ету үшін тағы бір алгоритм қарастырылуы керек, оны K-means++ алгоритмі деп атайды.

K-means алгоритмі негізінде «Expectation-Maximization» деген қағида жатыр. Алгоритм E-Step деп белгіленген Expectation Step қадамынан және M-Step деп белгіленген Maximization Step қадамынан тұрады. E-Step-те ең жақын кластерге деректер нүктелері берілген процесс жүреді. M-Step-те әр кластердің центроиды есептелінеді. Сонымен, мұнда K-means ++ алгоритмінде осы екі қадам да қарастырылады, сонымен қатар, алгоритм центроидтарды таңдаудан басқа, стандартты K-means сияқты жұмыс істейді.

K-means++ алгоритмі арқылы центроидтарды анықтау алгоритмі келесідей:

- Бастапқыда, бірінші центроидтарды кездейсоқ түрде деректер нүктелерінің арасынан таңдау керек.

- Әрбір деректер нүктесі мен оның бұрын таңдалған центроид арасындағы қашықтықты есептеу керек.

Келесі центроид, әр нүктенің бұрын таңдалған центроидқа дейінгі қашықтыққа байланысты болады. Әрбір деректер нүктесінің келесі центроидке айналу ықтималдығы, оның таңдалған центроидқа дейінгі ара қашықтыққа тура пропорционалды. Осылайша, ең үлкен қашықтықтағы мәліметтер нүктесі центроид ретінде белгіленуі мүмкін.

Қорытынды. Сонымен, K-means ++ алгоритмі центроидтарды анықтау үшін қолданылатын K-means алгоритмінің стандартты бөлігіне қарағанда дәлірек деп саналады. Алгоритмнің центроидты таңдау бөлігін жақсарту арқылы центроидты орналастырудың нашар жағдайларын болдырмауға болады, мысалы бір кластердің ішінде бірнеше центроидтар орналасқанда; немесе центроид тым қашық орналасқан, сондықтан ешқандай центроидке басқа ешқандай деректер нүктелері тағайындала алынбайды.

Мақалада ұжымдық кластерлеу әдісінің K-means, K-means++ алгоритмдерінің қолданылуы қарастырылды. К- means кластерлік алгоритмді клиенттердің сегментациясы, алаяқтықты анықтау, қоғамдық көліктердегі мәліметтерді талдау және басқа да көптеген салаларға қолдануға болады.

Қарастырылған алгоритмдер мәліметтерді жинақтау, деректерді классификациялау, ұқсастықтарды анықтау және үрдістерді болжау арқылы, статистикалық талдауды үлкен деректер (Big Data) жинақтарына жеткізу үшін пайдаланады[7].

ӘДЕБИЕТ

[1] International Journal of Information Management 35 (2015) , p.137–144

[2] S. Sayad. Real Time Data Mining. Clustring. 2017.

[3] В.Б. Бериков. Коллектив алгоритмов с весами в кластерном анализе разнородных данных. // Вестник Томского государственного университета, № 2(23), г.Томск, 2013 г., С.22-31.

[4] P. Lichodzijewski, A. Zincir-Heywood, and M. Heywood. - Dynamic intrusion detection using self organizing maps‖, 2002.

[5]Бисаринов Б.Ж., Мусабаев Р.Р., Бисаринова А.Т. Применение коллективного метода в решении задачи кластеризации больших данных (Big Data). // Материалы XLII Международной научно-практической конференции на тему «Инновационные технологии на транспорте: образование, наука, практика», Алматы, Казахстан, 18. 04. 2018 г., КазАТК им. М. Тынышпаева, том 1, С.87-91, ISBN 978-601-325-029-8.

[6] McHugh, J.: Testing intrusion detection systems: a critique of the 1998 and 1999 DARPA intrusion detection system evaluations as performed by lincoln laboratory. ACM Trans. on Information and System Security 3 (2000) 262– 294.

[7] Бисаринов Б.Ж., Мусабаев Р.Р., Бисаринова А.Т. Деректер ғылымында қолданылатын алгоритмдердің ерекшеліктері. //Материалы Международной научно-практической конференции студентов и молодых ученых «Фараби әлемі», Алматы, Казахстан, 10-12 апреля 2018 г., КазНУ, С.299, ISBN 978-601-04-3307-6.

Б.Ж. Бисаринов, А.Т. Бисаринова

Обработка и анализ полезных и вредных трафиков на основе K-means и K ++ кластерных алгоритмов с использованием Big data технологий

Резюме. В статье описывается опыт использования K-средних, методов K ++, одного из наиболее часто используемых алгоритмов в статистических моделях для создания аналитических платформ в Data Science [1]. В исследовании описывается эффективность и особенности алгоритма K-кластеризации для различения полезного и вредного трафика. Приведены данные и их характеристики, объяснено оптимальное количество кластеров и метод определения центроидов.

Ключевые слова: большие данные (Big Data), Data Science, методы K-means, K-means ++, Big Data Analytics (BDA).

UDC 536. 46: 532.517. 4

A.S. Askarova, S.A. Bolegenova, S.A. Bolegenova,
M.R. Mamedova, A.Z. Nurmukhanova
(Al-Farabi Kazakh National University. Email: madinamamedova777@gmail.com)

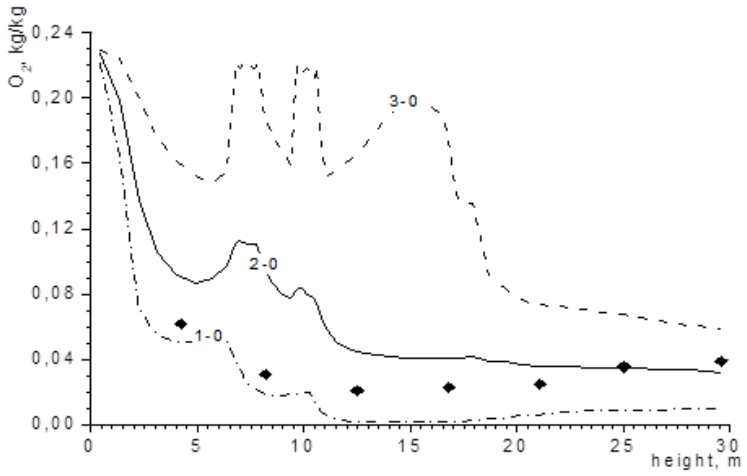
NUMERICAL SIMULATION OF TURBULENT COMBUSTION PULVERIZED COAL TORCH

Annotation. Based on physical and kinetic models, numerical models have been developed for implementing computational experiments to study heat and mass transfer processes in real physical objects. The analysis of the current trends in the application of numerical methods and computer modeling in conducting theoretical research in the field of thermal physics is carried out.

Key words. Burning, fuel, combustion chamber, boiler, burner, ash, humidity.

The construction of an algorithm for calculating heat and mass transfer problems is not an easy task, which requires in-depth analysis from both an applied and fundamental point of view. In mathematical modeling, it is necessary to analyze the real process model since it not only includes computational calculations and the development of numerical methods. For a more adequate description of real combustion processes, it is necessary to take into account many factors, such as the distribution of particles by size, speed, temperature; the difference between the speed of particles of gas and solid fuel; the effect of turbulent pulsations on the averaged characteristics of thermal processes, etc. All this complicates the task. The laws of thermodynamics, chemical kinetics, fluid and gas mechanics, such as the laws of conservation and transfer of mass, energy, motion, chemicals, etc.; laws for sources and others are necessary when describing combustion processes [1-3].

The source of oxygen for the combustion chamber is atmospheric air. For the reaction of the combustible components of the fuel with oxygen, a sufficiently high temperature for ignition is required, thorough mixing of the fuel or turbulence providing such mixing, as well as a time sufficient for complete combustion. An analysis of the velocity and temperature fields showed that favorable conditions are created in the center of the combustion chamber for intensive combustion reactions. The change in the concentration of oxidizing agent along the height of the combustion chamber is shown in Figure 1 in the form of curves of change in the concentration of oxygen [4-5]. Maximum changes in oxygen concentration occur in the burners through which fuel and oxidizer are supplied. In this area, chemical reactions are most intense and heterogeneous. As you approach the output, the deviation of the maximum and minimum values from the average decreases.



1-0 - minimum; **2-0** - medium; **3-0** - maximum values in the section
Lines 1-0, 2-0, 3-0 - calculation; ♦ - experiment

Fig. 1. Distribution of O_2 concentration along the height of the combustion chamber

The image of the formation of carbon oxides (CO, CO_2) is presented in Figures 1-3. This process is ambiguous. In the process of carbon combustion, the secondary reactions of CO burning in the gas volume and the reduction of CO_2 on the carbon surface, intertwined with the primary reactions, make it possible to judge the nonlinearity of the true chemical mechanism of carbon combustion. In addition, the heterogeneous process of carbon combustion, associated with the imposition of diffusion phenomena on chemical processes, together with the internal reaction, further distorts the main chemical process.

The mechanism of the reaction of carbon with oxygen is as follows. From the gas volume, oxygen is adsorbed on the carbon surface, where oxygen atoms enter a chemical compound with carbon, forming complex carbon-oxygen complexes CxOy. The latter decompose with the formation of CO_2 and CO. The decay rate increases significantly with increasing temperature. Under certain temperature conditions, carbon reacts with oxygen and carbon dioxide. As a result of the reaction of carbon with oxygen, both carbon oxides — CO_2 and CO — are simultaneously formed, and because of reaction with carbon dioxide, carbon monoxide is formed. The joint finding of carbon monoxide and oxygen, capable of reacting with each other, gives a third reaction - the burning of carbon monoxide. At the locations of the burners there is a supply of pulverized-coal dust with a certain concentration of carbon, and air with a certain value of the concentration of carbon.

In this region, the main carbon reaction reactions take place, as evidenced by the maxima on the CO distribution curves (Figure 2).

Thus, three main processes prevailing in the reaction of carbon fuel can be distinguished:

1. the reaction of carbon with oxygen associated with the simultaneous formation of CO_2 and CO:

$$C + O_2 = CO_2 + 409.1 \text{ MJ/mol}$$

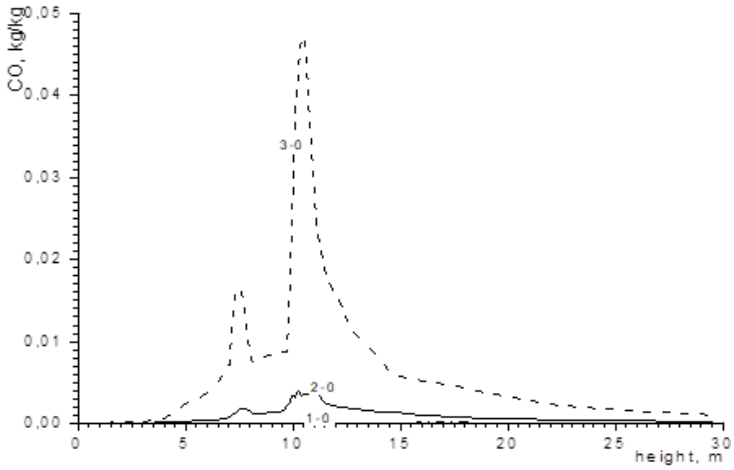
$$2C + O_2 = 2CO + 2*123{,}3 \text{ MJ/2 mol}$$

2. interaction of carbon dioxide with carbon

$$C + CO_2 = 2CO - 162.5 \text{ MJ/mol}$$

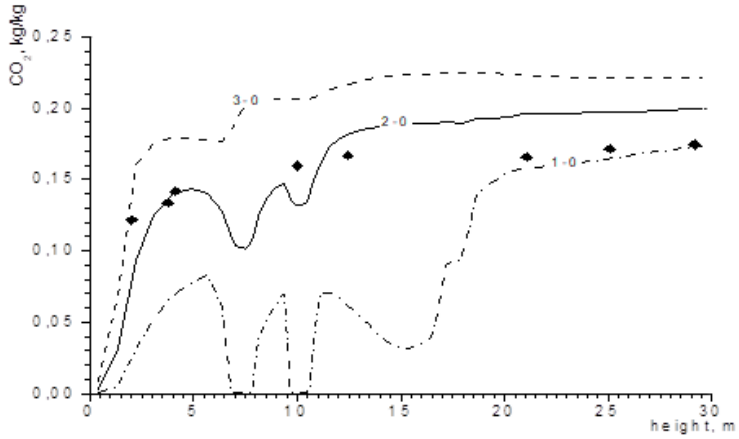
3. compound of oxygen with carbon monoxide

$$2CO + O_2 = 2CO_2 + 2*285{,}8 \text{ MJ/mol.}$$



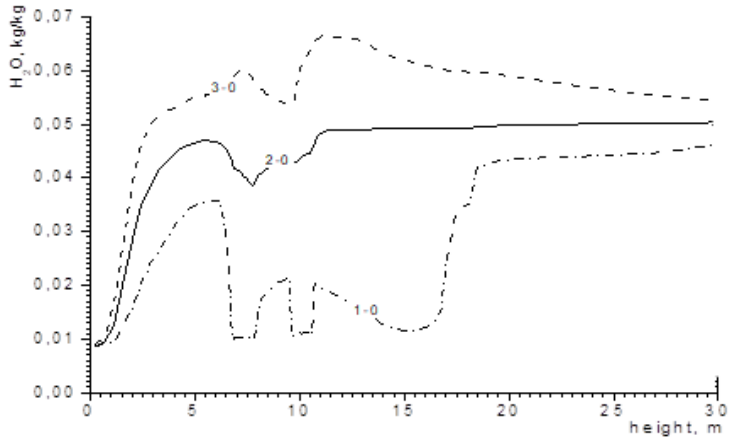
1-0 - minimum; **2-0** - medium; **3-0** - maximum values in the section

Fig. 2. Distribution of CO concentration over the height of the combustion chamber



1-0 - minimum; **2-0** - medium; **3-0** - maximum values in the section
Lines 1-0, 2-0, 3-0 - calculation; ♦ - experiment

Fig. 3. Distribution of CO_2 concentration over the height of the combustion chamber



1-0 - minimum; **2-0** - medium; **3-0** - maximum values in the section

Fig. 4. Distribution of H_2O concentration over the height of the combustion chamber

As can be seen from figures 2 and 3, the distribution pattern of CO does not correspond to the CO_2 field, which indicates differences in the formation of CO_2 and CO. The main formation of carbon dioxide CO_2 occurs with distance from the center of the furnace, i.e. areas of collision of jets of fuel and oxidizer from anti-burners. Thus, we can conclude that the process of formation of carbon oxides depends not only on transport phenomena, but also on the kinetics of the process. The fact that carbon can react with oxygen in many ways is extremely important when designing combustion chambers. Any combustion technology should ensure complete mixing of the fuel with oxygen until complete combustion with the formation of CO_2, not CO. Otherwise, the heat generation will decrease sharply, since only 28% of the energy released during the formation of CO_2 is released during the formation of CO.

In addition to carbon, a certain amount of hydrogen is contained in the fuel, which also contributes to the combustion process $2H_2 + O_2 = 2H_2O$. During the combustion reaction, the water contained in the fuel evaporates. Since Ekibastuz coal has high humidity at high temperatures, the evaporation process is intensive, which is associated with the presence of minima on the distribution curves of H_2O concentration (Figure 4). The formation of water in a gaseous state occurs most intensively at a certain distance from the zone of the burners and has a uniform character as it approaches the exit from the furnace space.

REFERENCES

[1] Askarova AS, Ustimenko AB, Messerle VE, etc (2016) Reduction of noxious substance emissions at the pulverized fuel combustion in the combustor of the BKZ-160 boiler of the Almaty heat electro power station using the "Overfire Air" technology. Journal Thermophysics and Aeromechanics, 23(1):125-134. DOI: 10.1134/S0869864316010133.

[2] Askarova A, Bolegenova SA, Beketayeva MT, etc (2018) Modeling of heat and mass transfer in high-temperature reacting flows with combustion. Journal High Temperature, 56(5):738-743. DOI: 10.1134/S0018151X1805005X.

[3] Askarova A, Beketayeva M, Ergalieva A, etc (2016) 3D modeling of heat and mass transfer during combustion of solid fuel in BKZ-420-140-7C combustion chamber of Kazakhstan. Journal of Applied Fluid Mechanics, 9(2):699-709.

[4] Askarova A, Ospanova ShS., Bekmuhamet A, etc (2012) Numerical Research of aerodynamic characteristics of combustion chamber BKZ-75 mining thermal power station. Procedia Engineering, 42:1250-1259. DOI: 10.1016/j.proeng.2012.07.517.

[5] Gabitova Z, Yergaliyeva A, Shortanbayeva Zh, etc (2017) Simulation of the aerodynamics and combustion of a turbulent pulverized-coal flame. Procee dings of 4th International Conference on Mathematics and Computers in Sciences and in Industry (MCSI 2017). Corfu Island, Greece. P.92-97.DOI: 10.1109/MCSI.2017.23.

Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Мамедова М.Р., Нурмуханова А.З.

Турбулентті жануды сандық модельдеу шаңкөмір алауы

Түйіндеме. Физикалық және кинетикалық модельдер негізінде нақты физикалық объектілердегі жылу алмасу процестерін зерттеу бойынша есептеу эксперименттерін жүзеге асыру үшін сандық модельдер әзірленді. Жылуфизика саласында теориялық зерттеулер жүргізу кезінде сандық әдістер мен компьютерлік модельдеуді қолданудың өзекті бағыттарына талдау жүргізілді. Алматы ЖЭО БКЗ-160 қазандығының жану камерасы мысалында нақты энергетикалық объектіде тиісті жағдайларда газ компоненттерін қалыптастыру процесін сандық үлгілеу нәтижелері ұсынылған.

Кілт сөздер. Жану, отын, от жағу камерасы, қазандық, жанарғылар, күлдік, ылғалдық.

Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Мамедова М.Р., Нурмуханова А.З.

Численное моделирование турбулентного горения пылеугольного факела

Резюме. На основе физических и кинетических моделей разработаны численные модели для реализации вычислительных экспериментов по исследованию процессов тепломассопереноса в реальных физических объектах. Проведен анализ актуальных направлений применения численных методов и компьютерного моделирования при проведении теоретических исследований в области теплофизики. Представлены результаты численного моделирования процесса формирования газовых компонентов при соответствующих условиях на реальном энергетическом объекте на примере камеры сгорания котла БКЗ-160 Алматинской ТЭЦ.

Ключевые слова. Горения, топлива, топочная камера, котел, горелки, зольность, влажность.

УДК 681.5.01

Sh. Jomartova[1], N. Karymsakova [1] , B. Abdiyev [2]

([1] Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

[2] L.N. Gumilev Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan

E-mail: jomartova@mail.ru, nkarymsakova1@gmail.com abdibaur@gmail.com)

CONTROLLABILITY CRITERION FOR THE FOLLOWING AUTOMATIC MANIPULATOR SYSTEM

Annotation: Today, the main type of robot handling systems are manipulators. They represent spatial mechanisms in the form of kinematic chains of links forming kinematic pairs with angular or translational motion and a drive system, usually separate for each degree of mobility. The degrees of mobility of the manipulator are divided into portable and orienting. Portable degrees of mobility are used to move the working body in the working area of the manipulator, and orienting - for its angular orientation. The minimum required number of portable degrees of mobility for moving the working body in the space of the working area is three.

Keywords: manipulator, control criterion, interval, portable, orienting, induction method, Gronwall-Belman lemma

Ш.Джомартова[1], Н. Карымсакова[1], Б. Абдиев[2]
([1]Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан
[2]Л.Н. Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, Нұр-Султан, Қазақстан
E-mail: jomartova@mail.ru, nkarymsakova1@gmail.com abdibaur@gmail.com)

АВТОМАТТЫ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІ ҮШІН БАСҚАРУ КРИТЕРИЙІ

Аңдатпа: Бүгінде роботтардың манипуляциялық жүйелерінің негізгі түрі манипуляторлар болып табылады. Олар бұрыштық немесе үдемелі қозғалысы бар кинематикалық жұптарды құрайтын буындардың кинематикалық тізбектері түріндегі кеңістіктік тетіктерді білдіреді және әдетте әрбір қозғалу дәрежесі үшін бөлек жетектер жүйесі бар. Манипулятордың қозғалу дәрежесі тасымалды және бағдарлы болып бөлінеді. Жылжымалы қозғалу дәрежесі манипулятордың жұмыс аймағында жұмыс органын ауыстыру үшін, ал бағдарлаушы — оның бұрыштық бағдары үшін қызмет етеді. Жұмыс аймағының кеңістігіндегі жұмыс органының орын ауыстыруы үшін жылжымалы дәрежелердің ең аз қажетті саны үшке тең.

Түйінді сөздер: манипулятор, басқару критерийі, интервал, тасымалды, бағдарлы, индукция әдісі, Гронуолла-Белман леммасы

Кіріспе. Автоматты манипулятордың электромеханикалық бақылау жүйесі тізбегінің жай-күйін сипаттайтын үшінші ретті теңдеулер жүйесі қарастырылады [1]:

$$\dot{x} = Ax + Bu\,, \tag{1}$$

Мұндағы

$x = x(t) = (i_я(t), \Omega(t), \theta(t))^*$ - жүйе күйінің векторы,

$u = u(t) = (\Omega_0(t), \theta_0(t))^*$ - шектеулері бар, жүйенің басқарушы кіріс вектор-сигналы

$$l_i^1 \le u_i \le l_i^2, i = \overline{1,2}\,,\ t \in [t_0, t_1], \tag{2}$$

$$A = \begin{pmatrix} -\left(\frac{1}{T_я} + \frac{k_{ос}k_{ум}R_ш}{L_я}\right) & -\left(\frac{k_e}{L_я} + \frac{k_1k_{ум}k_m}{L_я}\right) & -\frac{k_1k_{ум}k_n}{L_я} \\ \frac{k_м}{J} & -\frac{1}{T_м} & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{pmatrix},$$

$$B = \begin{pmatrix} -\frac{k_1k_{ум}k_г}{L_я} & \frac{k_1k_{ум}k_n}{L_я} \\ 0 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

А және В матрицалар коэффициенттерінің сандық мәндері жүйенің параметрлері мен құрылымына байланысты.

Талқылау. Шектеуді қанағаттандыратын (2) басқару және бастапқы күйден аудару жүйесі бар ма екенін анықтау қажет

$$x(0) = x_0 \tag{3}$$

соңғы берілген күйге

$$x(T) = x_1 \tag{4}$$

белгіленген T уақытқа.

$\Phi(t, \tau) = \theta(t) * \theta^{-1}(\tau)$, болсын, мұндағы $\theta(t)$ - біртекті векторлық дифференциалдық теңдеумен сипатталатын жүйе шешімдерінің іргелі матрицасы

$$\dot{x} = Ax, \tag{5}$$

R арқылы матрицаны белгілейміз

$$R = \left(B, AB, A^2B, ..., A^{n-1}B\right). \tag{6}$$

- мұнда А және В матрицалары (1) теңдеуде анықталған.

Берілген тапсырма үшін (2) шектеулер болмаған жағдайда келесі басқару критерийі бар.

Теорема [2]. Стационарлық сызықтық жүйе (1) басқарылады, егер (6) өрнекпен анықталған R матрицасының рангі $n = 3$ [2].

Белгілеулер енгізейік:

$$u = v + l,\ l = (l_1, l_2)^* = \left(\frac{l_1^1 + l_1^2}{2}, \frac{l_2^1 - l_2^2}{2}\right)^*.$$

Онда (1) жүйені келесі түрде көрсетейік

$$\dot{x} = Ax + Bl + Bv, \tag{7}$$

мұндағы

$$l = (l_1, l_2),\ -l_i \le v_i \le l_i,\quad i = \overline{1, 2},\quad \forall t \in [t_0, t_1]. \tag{8}$$

(7) теңдеудің шешімін мын түрде көрсетсе болады[2]

$$x(t) = \Phi(t, t_0)x(t_0) + l\int_{t_0}^{t} \Phi(t, \tau)B\, d\tau + \int_{t_0}^{t} \Phi(t, \tau)Bv(\tau)\, d\tau. \tag{9}$$

(3) және (4) теңдіктерді ескере отырып, мына белгілеулерді енгіземіз:

$$y_1 = x_1 - \Phi(T, 0)x_0 - l\int_0^T \Phi(T, \tau)B\, d\tau,$$

$$f(\tau) = \Phi(T, \tau)B.$$

Сонда басқару есебі (8) шартты қанағаттандыратын интегралды теңдеу шешімінің бар болуына әкеледі

$$y_1 = \int_0^T f(\tau) * v(\tau)\, d\tau. \tag{10}$$

Берілген тапсырманы шешу үшін аралық талдау нәтижелері қолданылады [3].

Оң жағында интегралды (10) ауыстырамыз

$$h * \sum_{i=1}^{n} f^i * v^i \tag{11}$$

мұндағы

$$f^i = f(i * h),\ v^i = v(i * h),\ h = \frac{T}{n},\ n > 0.$$

$\overline{f^i} = (f^i, 0)$ арқылы - f^i центрі және радиусы 0 болатын интервалды, $\overline{\nu^i} = (0, l)$ арқылы – центрі 0 және радиусы L болатын интервалды белгілейміз [2].

$n = 1$ болсын. $\overline{f^1}\overline{\nu^1} = (0, |f^1 l|)$ - центрі 0 нүктесіндегі және радиусы $|f^1 * l|)$ болатын интервалды есептейміз, мұндағы барлық арифметикалық операциялар аралық есептеуге сәйкес жүргізіледі [2].

$\{h * f^1 * \nu^1 \ \ | \forall \nu^1 \in (-l, l)\}$ көпмүшесі берілсін

$h * (0, |f^1 * l|)$ үшін $\forall h \geq 0$. интервалымен сәйкес болсын.

Математикалық индукция әдісі арқылы көпмүшенің орнын көрсетуге болады

$\{h * \sum_{i=1}^{n} f^i * \nu^i \ \ | \forall \nu^i \in (-l, l), i = \overline{1, n}\}$ $h * (0, \sum_{i=1}^{n} |f^i * l|)$, үшін $\forall h \geq 0$. интервалымен сәйкес.

Бұл жерден $\left\{ \int_0^T f(\tau) v(\tau)\, d\tau \,|\, v(t) \in (-l, l), \forall t \in [0, T] \right\}$ көпмшенің $y_2 = \int_0^T f(\tau) \bar{v}\, d\tau$,

интервалымен сәйкес келетіні көрініп тұр.

Мұндағы барлық арифметикалық операциялар аралық есептеулер үшін белгіленген ережелер бойынша орындалады [3].

Осылайша келесі теорема дәлелденді.

Теорема. (7)-(8) жүйесі басқарылатын болу үшін y_1 векторы y_2 аралық векторына тиесілі болуы қажетті және жеткілікті.

Паскаль тілінде сандық модельдеу үшін ұсынылған басқару критерийлерін есептеуді және интервалды есептеудің арифметикалық операцияларын жүзеге асыратын бағдарлама әзірленген [4].

$$x_0 = (1, 1, 1), \tag{12}$$

$T = 1,$

$T_я = 2, L_я = 3, \kappa_{ос} = 1, \kappa_{ум} = 1.5, R_ш = 1.1, \kappa_е = 2.1,$

$\kappa_1 = 0.1, \kappa_т = 2, \kappa_п = 4, \kappa_г = 6, J = 5, \mathrm{T_м} = 4.$ болсын. Сонда (1) теңдеулер жүйесі мына түрде ұсынылады:

$$\dot{i}_я = -1.05\, i_я - 0.8\, \Omega - 3.0\, \theta - 3.0\, \Omega_0 + 2.0\, \theta_0,$$

$$\dot{\Omega} = 0.4\, i_я - 0.25\, \Omega,$$

$$\dot{\theta} = \Omega + \theta.$$

Басқарушы векторға $u = (\Omega_0(t), \theta_0(t))^*$ шектеулер берейік

$$-0.4 \leq \Omega_0 \leq 0.6, \quad t \in [0, 1]. \tag{13}$$

$$-0.25 \leq \theta_0 \leq 1.25, \quad t \in [0, 1].$$

Лемма (Гронуолла-Белман) [5]. Скалярлы үздіксіз $x(t)$ және $g(t) \geq 0$ функциялары мына теңсіздікті қанағаттандырсын

$$x(t) \leq \alpha(t) + \int_0^t g(s) x(s) ds\,, \ t \geq 0, \tag{14}$$

мұндағы $\alpha(t)$ - кейбір кемімейтін функция. Онда $x(t) \le \alpha(t)\exp\left(\int_0^t g(s)ds\right)$.

Гронуолла-Белман леммасын (1) және (4) есептерге қолдану арқылы біз келесі теңсіздікке қол жеткіземіз.

$$\|x(T)\| \le (\|x(0)\| + \int_0^T \|B(\tau)\|u(\tau)d\tau)\exp(\int_0^T \|A(\tau)\|d\tau).$$

Вектордың нормасы ретінде $\|x\| = \sum_{i=1}^{n} |x_i|$ және матрица нормасы $\|A\| = \max_{1\le j\le n}(\sum_{i=1}^{n} |a_{ij}|)$

таңдаймыз. (12) - (14) тапсырма параметрлерінің белгілі мәндерін орнату арқылы келесіні аламыз

$\|x(1)\| \le (3+3*1.85)\exp(4) \approx 466.6$

Онда $x(1) = (160, 160, 150)^*$ кезінде жүйе басқарылмайды, яғни $T = 1$ уақытта жүйені $(1, 1, 1)^*$ нүктесінен $x(1) = (160, 160, 150)^*$ нүктесіне аударатын басқару жоқ.

Ұсынылған критерийді қолдана отырып,

✓ 1) $x(1) = (160, 160, 150)^*$ векторы $\begin{pmatrix} 4.94 & 12.29 \\ 0.14 & 1.62 \\ 4.33 & 5.87 \end{pmatrix}$ интервалдық векторына тиісті емес екенін анықтаймыз, себебі 160>4.94+12.29, 160>0.14+1.62 және 150>4.33+5.87, яғни үш айнымалы бойынша басқару жоқ.

✓ 2) $x(1)$ нүктесі ретінде T уақыт мезетінде (13) шектеуді қанағаттандыратын $u \equiv 0$ басқаруында, Коши есебінің шешімін (1), (12-13) аламыз, сонда $x(1) = (-4.87, 0.12, 4.1)^*$.

Қорытынды. Ұсынылған критерийді қолдана отырып, 4.94-12.29<-4.87<4.94+12.29, 0.14-1.62<0.12<0.14+1.62 және 4.33-5.87<4.1<4.33+5.87 болғандықтан, $x(1)$ векторы $\begin{pmatrix} 4.94 & 12.29 \\ 0.14 & 1.62 \\ 4.33 & 5.87 \end{pmatrix}$ интервалдық векторына тиісті екенін көреміз, яғни жүйе басқарылады.

Сандық есептеулердің нәтижелері ұсынылған басқару өлшемінің тиімділігін және оларды практикалық қосымшаларда қолдану мүмкіндігін көрсетеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Черноруцкий Г.С., Сибрин А.П., В.С. Жабреев Следящие системы автоматических манипуляторов. – М.: Наука, 1987.

[2] Ройтенберг Я.Н. Автоматическое управление. – М.: Наука, 1971.

[3] Шокин Ю.И. Интервальный анализ. – Новосибирск: Наука, 1986.

[4] Мазаков Т.Ж. , Джомартова Ш.А. Применение интервального анализа в практических вычислениях //Вычислительные технологии, 2002, т.7, ч.3, с.230-234.

[5] Колмановский В.Б., Носов В.Р. Устойчивость и периодические режимы регулируемых систем с последействием. - М.:Наука, 1981.

Джомартова Ш., Карымсакова Н., Абдиев Б.

Критерий управляемости для следящей системы автоматического манипулятора

Резюме. Сегодня основным типом манипуляционных систем роботов являются манипуляторы. Они представляют собой пространственные механизмы в виде кинематических цепей из звеньев, образующих кинематические пары с угловым или поступательным движением и системой приводов, обычно раздельных для каждой степени подвижности. Степени подвижности манипулятора делятся на переносные и ориентирующие. Переносные степени подвижности служат для перемещения рабочего органа в рабочей зоне манипулятора, а ориентирующие — для его угловой ориентации. Минимально необходимое число переносных степеней подвижности для перемещения рабочего органа в пространстве рабочей зоны равно трем.

Ключевые слова: манипулятор, критерий управляемости, интервал, переносные, ориентирующие, метод индукции, лемма Гронуолла-Белман

УДК 004.056.5

D.S. Dyussenbayev[1], K.T.Algazy[1,2], K.S .Sakan[1]
([1]Institute of Information and Computational Technologies SC MES RK, Almaty, Kazakhstan
[2]Kazakh National University named after al-Farabi, Almaty, Kazakhstan
e-mail: dimash_dds@mail.ru, kunbolat@mail.ru, kairat_sks@mail.ru)

THE STUDY OF THE «AL01» AND «QAMAL» ENCRYPTION ALGORITHMS BASED ON ALGEBRAIC CRYPTANALYSIS

Abstract. Algebraic methods of cryptanalysis apply to strong modern ciphers. The basis of these methods is the construction of a linear equation system where the variables are the elements of the plaintext and the key. When solving a system of equations using the linearization method, the possibility of finding key elements is considered. In most cases, ciphers use S-boxes, which are the only element that determines the nonlinearity of an encryption transformation and the level of its strength against cryptanalytic attacks. As a method for solving a nonlinear system of equations compiled for substitution boxes, the methods eXtended Linearization (XL) and eXtended Sparse Linearization (XSL) are considered in the work. This article presents the results of the complexity of XL and XSL attacks for the previously developed encryption algorithms «AL01» and «Qamal».

Keywords: algebraic cryptanalysis, encryption, S-box, strength, truth tables, XL-attack, XSL-attack.

Д.С.Дюсенбаев[1], К.Т.Алғазы[1,2], Қ.С.Сақан[1]
([1]Институт информационных и вычислительных технологий, г. Алматы, Казахстан
[2]Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г.Алматы, Казахстан
e-mail: dimash_dds@mail.ru, kunbolat@mail.ru, kairat_sks@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИИ «AL01» И «QAMAL» НА ОСНОВЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО КРИПТОАНАЛИЗА

Аннотация. Алгебраические методы криптоанализа применимы к стойким современным шифрам. Основой метода является, построение системы линейных уравнений, переменные которых состоят из элементов открытого текста и ключа. При решении системы уравнений по методу линеаризации рассматривается возможность нахождения элементов ключа. Метод линеаризации может быть успешным только в случае, если количество линейно-независимых уравнений примерно равно количеству одночленов в системе уравнений. В большинстве случаев шифрсистемы используют S-блоки, которые оказываются единственным элементом, определяющим нелинейность шифрующего преобразования и уровень его стойкости к криптоаналитическим атакам. В качестве метода решения нелинейной системы уравнений, составленной для блоков замены, в работе рассматривается eXtended Linearization (XL) и eXtended Sparse Linearization (XSL) метод. В данной статье представлены результаты оценки сложности XL и XSL атаки для ранее разработанных алгоритмов шифровании«AL01» и «Qamal».

Ключевые слова: алгебраический криптоанализ, шифрование, S-блок, стойкость, таблицы истинности, XL атаки, XSL атаки.

Ведение. Алгебраический криптоанализ, заключаются в описании работы шифра с помощью большой переопределенной системы булевых уравнений, от эффективности решения которой зависит успех криптоаналитика. Атаки на блочные и потоковые шифры могут быть представлены в виде проблемы решения большой системы булевых алгебраических уравнений. На практике алгебраические атаки реализованы против очень малого числа раундов блочных шифров, но уже приводили к взломам потоковых шифров, также есть и успехи во взломе сверхлёгких шифров.

В основе всех алгебраических атак лежит описание преобразований шифрования в виде системы уравнений, связывающей секретный ключ симметричного шифрования и известные криптоаналитику данные. В соответствии с известными принципами Шеннона [1], такие алгоритмы используют нелинейные операции для перемешивания и линейные преобразования для рассеивания. Последовательное многократное применение перемешивания и рассеивания позволяет добиться высокого уровня криптографической стойкости. Узлы нелинейной замены для современных симметричных примитивов, как правило, реализуют в виде таблиц замены, или *S*-блоков. В уравнениях, составленных для линейного преобразования, при переходе на следующий раунд количество переменных не увеличивается. Т.е. сколько переменные после первого раунда столько же переменных после *n*-го раунда. А для нелинейных преобразований количество переменных возрастает с каждым раундом, за счет появления произведении этих же переменных. В зависимости

от количества уравнений и переменных в системе, решение может быть найдено с помощью методов линеаризации [2], eXtended Linearization (XL) [3], eXtended Sparse Linearization (XSL) [4]. Важной особенностью алгебраических атак является небольшое количество необходимых криптоаналитику пар открытый текст/шифротекст.

Интерес к алгебраическому криптоанализу возник из-за попытки разработать методику взлома шифра AES/Rijndael, который основан на алгебраических операциях. Однако при решении этой задачи авторы столкнулись с серьёзными трудностями и пока успешно опробуют свой метод на простых шифрах, в том числе изначально и не имеющими чисто алгебраической структуры. В 2000 г. Н. Куртуа, А. Климов, Ж. Патарин и А. Шамир предложили метод расширенной линеаризации (eXtended Linearization или XL). В 2002 г. Н. Куртуа и Д. Пейпжик разработали алгоритм расширенной разреженной линеаризации (eXtended Sparse Linearization или XSL).

Материалы и методы

Виды алгебраических атак. Алгоритм XSL был введен в работах [4, 5] и является развитием алгоритма, известного под названием XL [3]. Алгоритм XL и его многочисленные варианты [4, 6, 7] основаны на методе линеаризации – хорошо известной технологии для решения больших многомерных полиномиальных систем уравнений. В этом методе рассматриваются все одночлены в системе уравнений в качестве независимых переменных и делается попытка решить ее с использованием методов линейной алгебры. Следует отметить, что метод линеаризации может быть успешным только в случае, если количество линейно-независимых уравнений примерно равно количеству одночленов в системе уравнений. Когда это не выполняется, алгоритм XL и его другие варианты пытаются генерировать достаточное количество уравнений.

XL представляет собой простой алгоритм: если рассмотреть систему m квадратичных уравнений с n переменными над конечным полем K,

$$f_1(x_1, \dots, x_n) = 0, \dots, f_m(x_1, \dots, x_n) = 0, \quad (1)$$

данный алгоритм просто умножает исходные уравнения на одночлены M_i до заданной степени D-2, и пытается решить систему уравнений

$$M_i \cdot f_j(x_1, \dots, x_n) = 0,$$

степени не выше D методом линеаризации.

Алгоритм XSL работает немного по-другому. В то время как в алгоритме XL уравнения умножаются на одночлены до заданной степени, в алгоритме XSL уравнения умножаются только на "отобранные одночлены". Цель здесь заключается в создании меньшего количества новых одночленов при создании новых уравнений. Кроме того, есть последний шаг (так называемый метод T_0), в котором делается попытка получить новые линейно независимые уравнения без создания каких-либо новых одночленов.

Анализ алгоритма XSL не является простой задачей, и в настоящее время очень мало известно о его поведении. Для этого есть ряд причин. Во-первых, XSL можно рассматривать как специализированный (ad-hoc) метод, и этот алгоритм опирается на систему представления некоторой специальной формы, такой как, "S-блоки" с переопределенной системой уравнений, повторяющиеся слои линейных уравнений, и так далее. Во-вторых, существуют различные версии алгоритма (две атаки приведены в [5], которые существенно отличаются от атаки, предложенной в [4]). Кроме того, учитывая размер задействованных систем, очень трудно реализовать и проводить эксперименты даже на небольших примерах для проверки эвристики, приведенных в [4, 5].

Построение системы булевых уравнений для нелинейных преобразований.

Первым этапом оценки защищенности является составление системы уравнений, связывающей открытый текст, шифртекст и ключ шифрования. Для большинства преобразований защиты информации система уравнений составляется для блоков замен (S-блок), так как это зачастую единственное используемое в них нелинейное преобразование.

Сначала по заданному блоку замены построим таблицу истинности и с помощью этой таблицы находим систему независимых квадратичных уравнений. В общем виде уравнения, описывающие преобразования в блоке замены, каждый элемент которой занимает 8 бит, можно задать следующей формулой [8]:

$$\sum_{i,j=0}^{7}\alpha_{i,j}x_i x_j \oplus \sum_{i,j=0}^{7}\beta_{i,j}y_i y_j \oplus \sum_{i,j=0}^{7}\gamma_{i,j}x_i y_j \oplus \sum_{i=0}^{7}\delta_i x_i \oplus \sum_{i=0}^{7}\varepsilon_i y_i \oplus \tau = 0 \qquad (2)$$

где, $x_i, y_i,\ i = 1,\dots,7$ – входные и выходные биты S-блока, $x_i x_j$ - произведение входных битов S-блока, $y_i y_j$ – произведение выходных битов S-блока, $x_i y_j$ – произведение входных и выходных битов, $\alpha_{i,j}, \beta_{i,j}, \gamma_{i,j}, \delta_i,\ \varepsilon_i, \tau$ - коэффициенты, принимающие значения 0 или 1. В рамках проводимого исследования достаточно рассмотреть произведения двух переменных.

В качестве примера рассмотрим способ формирования линейно независимых уравнений для S-блока с длинами входных и выходных векторов, равными 3 битам (таблица 1).

Таблица 1. **Блок замены с размером 3 бита**

X	0	1	2	3	4	5	6	7
S(X)	3	7	4	6	1	0	5	2

Таблица истинности для этого блока будет иметь вид, приведенный в таблице 2.

Таблица 2. **Таблица истинности для заданного S-блока.**

1	x_0	x_1	x_2	y_0	y_1	y_2	x_0x_1	x_0x_2	x_1x_2	y_0y_1	y_0y_2	y_1y_2	x_0y_0	x_0y_1	x_0y_2	x_1y_0	x_1y_1	x_1y_2	x_2y_0	x_2y_1	x_2y_2
1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1
1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	1	0	0	0
1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0

Применим к данной таблице метод исключения Гаусса по столбцам. Результат после преобразования представлен в таблице 3.

Таблица 3. **Таблица истинности для S-блока после исключения методом Гаусса**

1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus y_0\oplus x_0y_0$
0	0	0	0	1	1	1	1	x_0		0	1	0	0	0	0	0	0	$x_1\oplus y_0\oplus x_0x_1\oplus x_0y_0$
0	0	1	1	0	0	1	1	x_1		0	0	1	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_0y_0$
0	1	0	1	0	1	0	1	x_2		0	0	0	1	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_1\oplus y_1\oplus x_0y_0$
0	1	1	1	0	0	1	0	y_0		0	0	0	0	1	0	0	0	$1\oplus x_2\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_0y_0$
1	1	0	1	0	0	0	1	y_1		0	0	0	0	0	1	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_2\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0y_0$
1	1	0	0	1	0	1	0	y_2		0	0	0	0	0	0	1	0	x_0y_0
0	0	0	0	0	0	1	1	x_0x_1		0	0	0	0	0	0	0	1	$x_0x_1\oplus x_0y_0$
0	0	0	0	0	1	0	1	x_0x_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_1\oplus x_2\oplus y_0\oplus y_1\oplus y_2$
0	0	0	1	0	0	0	1	x_1x_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_2\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_0x_2$
0	1	0	1	0	0	0	0	y_0y_1	→	0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_1\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_1x_2$
0	1	0	0	0	0	1	0	y_0y_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus y_0y_1$
1	1	0	0	0	0	0	0	y_1y_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$x_1\oplus y_0\oplus x_0x_1\oplus y_0y_2$
0	0	0	0	0	0	1	0	x_0y_0		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_1\oplus x_0x_1\oplus y_1y_2$
0	0	0	0	0	0	0	1	x_0y_1		0	0	0	0	0	0	0	0	$x_0x_1\oplus x_0y_0\oplus x_0y_1$
0	0	0	0	1	0	1	0	x_0y_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_2\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_0y_2$
0	0	1	1	0	0	1	0	x_1y_0		0	0	0	0	0	0	0	0	$x_1\oplus x_0x_1\oplus x_0y_0\oplus x_1y_0$
0	0	0	1	0	0	0	1	x_1y_1		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus x_1\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_1y_1$
0	0	0	0	0	0	1	0	x_1y_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$x_0y_0\oplus x_1y_2$
0	1	0	1	0	0	0	0	x_2y_0		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0x_1\oplus x_2y_0$
0	1	0	1	0	0	0	1	x_2y_1		0	0	0	0	0	0	0	0	$1\oplus x_0\oplus y_0\oplus y_1\oplus x_0y_0\oplus x_2y_1$
0	1	0	0	0	0	0	0	x_2y_2		0	0	0	0	0	0	0	0	$x_1\oplus y_0\oplus x_0x_1\oplus x_0y_0\oplus x_2y_2$

Уравнения, соответствующие ступеням в таблице истинности, являются линейно независимыми и подходят для дальнейшего использования при проектировании алгебраического анализа блочных шифров.

XL атака и проверка на сложности. Зафиксируем систему квадратичных уравнений (1), которая по предположению имеет решение в заданном поле *K*, и некоторое число $D \in N$ -параметр XL алгоритма. Основная идея XL-алгоритма состоит в попытке решения системы (1) путем линеаризации всех полиномиальных уравнений

$$\prod_{l=1}^{k} X_{il} \cdot f_j(X_1, \ldots, X_n)$$

где $k \leq D - 2$.

Пусть U_D – *K*-векторное пространство, порожденное многочленами $\prod_{l=1}^{k} X_{il} \cdot f_j$ при $k \leq D\text{-}2$. Согласно [3] XL-алгоритм выглядит следующим образом (за исключением изменений в обозначениях описание является дословным):

1. Умножение: Получить все произведения $\prod_{l=1}^{k} X_{il} \cdot f_j \in U_D$ прик ≤ D – 2.

2. Линеаризация: Рассмотреть каждый одночлен в X_i степени меньше или равно чем D в качестве независимый переменной и выполнить метод исключения Гаусса в уравнении, полученном в шаге 1. Упорядочение одночленов должно быть таким, чтобы все члены, содержащие одну (специфичную) переменную (скажем, X_1), исключались последними.

3. Решение: Предположить, что шаг 2 дает, по крайней мере, одно одномерное уравнение по степеням X_1. Решить это уравнение над конечными полями (например, по алгоритму Berlekamp).

4. Повторить: Упростить уравнения и повторить процесс для нахождения значений других переменных.

Проверка на сложности. Рассмотрим задачу решения системы *m* квадратичных уравнений с *n* переменными в *GF*(2). В общем случае, число квадратичных членов в этих уравнениях составляет около $t \approx n^2/2$. Пусть *D = 2, 3, …*– параметр алгоритма XL. Алгоритм основан на умножении всех уравнений системы на произведения переменных в степени *D-2*. Таким образом, получаем: $R \approx \binom{n}{D-2} m$ новых уравнений. Общее число одночленов в этих уравнениях составляет около $T = \binom{n}{D}$. Ожидается, что большинство этих уравнений линейно независимы.

Затем выбираем достаточно большое *D* такое, что $R = \binom{n}{D-2} m \geq \binom{n}{D} = T$.

Очевидно, что число линейно независимых уравнений не может превышать число членов T. Ожидается, что если система имеет единственное решение [5], то существует D для которого $R \geq T$ и число линейно независимых уравнений из *R* будет достаточно близко к значению *T*. Если разность между числом одночленов и линейно независимыми уравнениями ($T - Free$) не велика, то система будет решаема. Наиболее легко система будет решена при очень маленьком значении разности между числом одночленов и линейно независимых уравнений. Например, пусть T будет числом одночленов из T, которые содержат только первые C переменных. Если $Free \geq T - T' + C$, то можем получить систему из *C* уравнений с *C* переменными, которые могут быть решены с применением метода исключения. Затем фиксируем эти *C* переменных, и должны получить значение $T - Free$, которое намного меньше в новой системе уравнений.

Ожидается, что значение *D*, при котором применим метод XL, будет равным или близким к теоретическому значению параметра *D*, для которого $R \geq T$. Таким образом, ожидается, что алгоритм XL будет успешным, при условии, что:

$$R \geq T \Rightarrow m \geq \binom{n}{D} / \binom{n}{D-2} \approx n^2/D^2$$

Отсюда получаем, что $D \approx \frac{n}{\sqrt{m}}$ и сложность атаки составляет около $T^\omega \approx \binom{n}{D}^\omega \approx \binom{n}{n/\sqrt{m}}^\omega$, где ω ≤ 3 – показатель гауссовой редукции.

Из приведенной выше формулы кажется, что XL является субэкспоненциальным, однако очень мало известно о реальном поведении XL для очень больших систем уравнений.

Оценка сложности XL атаки алгоритмов шифрования «AL01» и «Qamal»

Сначала по заданной таблице замены (S-блоку) [9], построим таблицу истинности и с помощи этой таблицыпостроим систему независимых квадратичных уравнений (2).

Если уравнения полученной системы (2) являются многомерными квадратичными, эта атака называется «MQ-атакой» (Equationsare Multivariate Quadratic – MQattack).

Оценка сложности XL атак алгоритма шифрование «AL01»:

Вычислим количество одночленов и независимых квадратичных уравнений для S-блока, используемые в алгоритме шифрование «AL01»:

$t = \binom{2 \cdot s}{2} + 2 \cdot s + 1 = 137$ – количество одночленов, которые фигурируют в этих уравнениях;

r= 39 количество независимых уравнений;

Теперь вычислим общее количество разреженных квадратичных уравнений и одночленов, затем находим параметр *D*:

$m = r \cdot B \cdot N_r = 39 \cdot 256 \cdot 4 = 39936$ – количество разреженных квадратных уравнений с *n* неизвестными, где, *B*- количество S-блоков, участвующий в одном раунде, N_r –количество раундов.

$n = s \cdot B \cdot (N_r - 1) = 8 \cdot 256 \cdot 3 = 6144$ – число неизвестных (количество одночленов);

В алгоритме XL параметр $D \approx \frac{n}{\sqrt{m}}$. Таким образом, сложность прямой XL атаки составляет около $\binom{n}{D}^{\omega}$, где ω – показатель для гауссовой редукции (теоретический результат о наилучшем известном показателе для гауссовой редукции $\omega \leq 2{,}376$) [5];

$$D = \frac{n}{\sqrt{m}} = \frac{6144}{\sqrt{39936}} \approx 31 \qquad T_{XL}^{\omega} = \binom{n}{D}^{\omega} = \binom{6144}{31}^{2{,}376} \approx 2^{658}.$$

Оценка сложности XL атак алгоритма шифрование «Qamal»:

Для S-блока, используемые в алгоритме шифрования «Qamal», количество независимых квадратичных уравнений также *r*= 39 и число одночленов $t = 137$.

Находим параметры, необходимые для вычисление сложности XL атаки.

$m = r \cdot B \cdot N_r + r \cdot \frac{L_k - H_k}{s}$ – количество разреженных квадратных уравнений с *n* неизвестными, где, L_k - число битов, которые линейно независимые, $H_k = 128$ - число битов начального ключа [9, 10].

$L_k = H_k + 16 \cdot N_r \cdot s = 128 + 16 \cdot 8 \cdot 8 = 1152$

$m = 39 \cdot 16 \cdot 8 + 39 \cdot \frac{1152 - 128}{8} = 9984$

$n = s \cdot B \cdot (N_r - 1) + L_k = 8 \cdot 16 \cdot 7 + 1152 = 2048$ – количество одночленов

$D = \frac{n}{\sqrt{m}} = \frac{2048}{\sqrt{9984}} \approx 20$

Тогда сложность XL атаки для алгоритма шифрования «Qamal» равен:

$$T_{XL}^{\omega} = \binom{n}{D}^{\omega} = \binom{2048}{20}^{2{,}376} \approx 2^{375}.$$

Алгебраический криптоанализ методом XSL атаки. Существуют различные версии алгоритма XSL. Первый вариант был предложен в работе [5], где были описаны два вида атак: в первом случае атаки не используют уравнения алгоритма выработки ключей (но требует несколько пар открытых текстов и шифртекстов), а во-втором, случае описаны более конкретные атаки, которые использовали уравнения алгоритма выработки ключей (и применимы даже с единственной парой открытый текст/шифртекст). Другая версия алгоритма была введена в [4] (так называемый "компактный XSL").

Алгоритм XSL атаки, как описано в работе [4], предложен для работы только со специальными типами шифров. Алгоритм защиты информации должен отвечать следующим требованиям: S-блоки

должны быть такими, чтобы их можно было описать с помощью сверхопределенной системы квадратичных уравнений. Для возможности применения второго варианта атаки (включающего алгоритм выработки ключей), необходимо, чтобы данный алгоритм получения ключей имел схожую структуру с алгоритмом шифрования.

Алгоритм XSL атаки состоит из четырех основных этапов:

1. Обработка имеющейся системы уравнений, выбирая конкретные наборы одночленов и уравнений, которые будут использоваться в дальнейших шагах алгоритма.

2. Произвольный выбор значения параметра P и умножение выбранных на предыдущем этапе уравнений на результаты произведений $(P-1)$ выбранных одночленов (это основа XSL атаки и необходимо получить большое число уравнений, в которых элементы представляют собой произведения выбранных ранее одночленов).

3. Применение T' метода, в котором некоторые выбранные уравнения умножаются на переменные. Цель состоит в том, чтобы создать новые уравнения без получения новых одночленов. Данный шаг проделывается с необходимым числом переменных до тех пор, пока система не будет иметь достаточное количество линейно независимых уравнений для применения метода линеаризации.

4. Применение метода линеаризации путем представления каждого одночлена в виде новой переменной и выполнения метода исключения Гаусса в результате чего должно быть получено решение для данной системы.

Вместо метода XL [3] рассмотрим специальный алгоритм, который будет использовать преимущества конкретной структуры уравнений и их разреженности. Это атака называется XSL-атакой, которая расшифровывается как «расширенная разреженная линеаризация» или «умножение на выбранные одночлены и линеаризация».

Начиная с исходных уравнений для каждого S-блока шифра с r уравнениями и t членами, составим систему квадратных уравнений, которая будет полностью определять секретный ключ шифра.

В алгоритме XL атаки производится умножение каждого уравнения из системы на все возможные одночлены в степени, не превышающей *D-2* (пункт 1.3.1). Метод расширенной разреженной линеаризации (XSL) вместо этого предполагает умножение системы уравнений только на отдельные выбранные одночлены. Лучше всего использовать умножения одночленов, которые уже появляются в других уравнениях. При $R \geq T$ число уравнений совпадает с числом одночленов и ожидается, что большая система будет решена путем добавления новой переменной для каждого члена и решения линейной системы уравнения [3].

Пусть A будет S-блоком XSL, называемым «активным S-блоком». Для этого S-блока A можно составить r уравнений вида:

$$0 = \sum \alpha_{ijk} X_{ij} Y_{ik} + \sum \beta_{ij} X_{ij} + \sum \gamma_{ij} Y_{ij} + \delta$$

Число одночленов, фигурирующих в этих уравнениях, мало, всего лишь t (большинство из них имеют вид $XX_{ij}Y_{ik}$). По этой причине оставляется как переменные X_{ij}, так и Y_{ik}.

Приступаем умножить эти уравнения на один из t одночленов, существующих для некоторых других S-блоков («пассивных» S-блоков). Пусть S будет общим количеством S-блоков в атаке. Так как собираемся использовать сценарий самой общей атаки [5], в котором игнорирует выработка ключей шифра, то рассматриваем $N_r + 1$ шифрований, и S будет равно к выражению $B \cdot N_r \cdot (N_r + 1)$.

Критическим параметром нашей атаки будет $P \in IN$. При выполнении атаки умножаем каждое уравнение каждого «активного» S-блока на все возможные члены для всех подсистем из $(P-1)$ других «пассивных» S-блоков. Атака XSL имеет такую структуру, что для большого P получим очень похожее на обычную атаку XL. Однако благодаря особой конструкции уравнений будет достаточно гораздо меньшее значение P.

Общее число уравнений, генерируемых этим методом, будет приблизительно:

$$R \approx r \cdot S \cdot t^{P-1} \cdot \binom{S-1}{P-1}$$

Общее количество членов в этих уравнениях составляет:

$$R \approx t^P \cdot \binom{S}{P}$$

Устранение очевидных линейных зависимостей. Можно увидеть, что все системы уравнений, которые выше по тексту, не являются линейно независимыми. Сначала предположим, что $P = 2$. Пусть $Eq_1 \dots Eq_r$ и $Eq'_1 \dots Eq'_r$ будут уравнениями, которые имеются соответственно для двух S-блоков A и A'. Пусть $T_1 \dots T_t$ будут членами, которые встречаются в Eq_i. Вместо записи произведений: $T_1 Eq'_1, \dots, T_t Eq'_1$ можно также записать в эквивалентной форме следующее: $T_1 Eq'_1, \dots, T_{t-r} Eq'_1$, а затем дополнить произведениями $Eq_1 Eq'_1, \dots, Eq_r Eq'_1$. Но если применим это преобразование для всех уравнений, составленных в выше, то увидим, что каждое из $Eq_i Eq'_j$ встречается дважды. Из этого примера понятно, что для любого *P* лучше генерировать уравнения следующим образом: с одной стороны, мы ограничиваемся умножением «активного» уравнения только на один из одночленов $T_1 \dots T_{t-r}$ для некоторого «пассивного» S-блока системы, а, с другой стороны, также добавляем уравнения, содержащие произведения нескольких «активных» S-блоков. Тогда выясняется, что других очевидных линейных зависимостей нет.

Количество уравнений в первой части XSL, следовательно, меньше ожидаемого:

$$R \approx \sum_{i=1\dots P} \binom{S}{i} t^i \cdot \binom{S-i}{P-i} \cdot (t-r)^{P-i} = \binom{S}{P} \cdot (t^P - (t-r)^P$$

Как и раньше, общее число членов в этих уравнениях составляет около $T \approx \binom{S}{P} \cdot t^P$.

Замечание по R / T

Из вышеуказанного видно, что при росте *P* мы получим $R / T \to 1$. Кроме того, имеем

$$T' \approx t' t^{P-1} \cdot \binom{S-1}{P-1}$$

где $t' < t$ – количество членов, которые можно умножить на x_1, например, для алгоритма Rijndael, $t' = 25$. Чтобы решить такую систему уравнений, необходимо выполнялось следующее: $T - R < T'$, т.е.

$$\binom{S}{P} \cdot (t-r)^P = \frac{S}{P}\binom{S-1}{P-1} \cdot (t-r)^P < t' t^{P-1} \cdot \binom{S-1}{P-1}$$

Это сводится к тому, что $\frac{S}{P} \cdot (t-r)^P < t' t^{P-1}$, а уже из этого можно увидеть, что $T - R < T'$ будет выполняться для достаточно большого *P*. Более того, система *R* – это не все уравнения, которые будем использовать.

Уравнения на диффузионных слоях

У нас еще нет системы с одним и единственным решением, и нужны некоторые дополнительные уравнения. Построим эти уравнения таким образом, чтобы их можно было умножить на множество членов, и все же они будут составлены с теми же самыми *T* одночленами.

Исключим все ключевые переменные и составим дополнительные уравнения вида:

$$X_{ij} \oplus \sum \alpha_j Y_{i-1j} = X'_{ij} \oplus \sum \alpha_j Y'_{i-1j} = X''_{ij} \oplus \sum \alpha_j Y''_{i-1j} = \cdots$$

Имеется $N_r \cdot (N_r + 1) \cdot (sB)$ таких уравнений. Каждое из этих уравнений, называемое «активным уравнением», умножается на произведения членов для некоторых *(P–1)* «пассивных» S-блоков. Тут необходимо исключить эти члены для нескольких соседних S-блоков (то есть тех, которые имеют общие переменные с активным уравнением), хотя некоторые из таких членов все еще могут быть включены и не добавят каких-либо новых членов к ранее описанной системе T. Количество новых уравнений составляет около:

$$R' \approx N_r \cdot (N_r + 1) \cdot (sB) \cdot t^{P-1} \cdot \binom{S}{P-1} = S \cdot s \cdot t^{P-1} \cdot \binom{S}{P-1}$$

Можно увидеть, что нужно сгенерировать только часть этих уравнений, остальные должны быть линейно зависимыми. Тогда можно полагать, что:

$$R' \approx S \cdot s \cdot (t-r)^{P-1} \cdot \binom{S}{P-1}$$

Ожидаемая сложность XSL атаки

Цель атаки – получить $T - R - R' > T'$. Это дает

$$\frac{S}{P} \cdot \binom{S-1}{P-1} \cdot (t-r)^P - S \cdot s \cdot (t-r)^{P-1} \cdot \binom{S}{P-1} < t' \cdot t^{P-1} \cdot \binom{S-1}{P-1}$$

$$\frac{S}{P} \cdot (t-r)^P < \frac{S^2}{S-P+1} \cdot s \cdot (t-r)^{P-1} + t' \cdot t^{P-1}$$

Предположим, что $P \ll S$ (S обычно довольно большое число, так как $S \approx B \cdot N_r^2$) и, следовательно, $S - P + 1 \approx S$.

$$\frac{S}{P} \cdot \left(1 - \frac{r}{t}\right)^P < S \cdot \frac{s}{t} + \frac{t'}{t}$$

$$\left(1 - \frac{r}{t}\right)^P < \frac{P \cdot s}{t} + \frac{P \cdot t'}{S \cdot t}$$

Видим, что это условие всегда может быть выполнено, причем при не очень большом P: с ростом P левая часть уменьшается экспоненциально, а правая часть увеличивается. Если учесть, что $\left(1 - \frac{r}{t}\right)^{\frac{t}{r}} \approx \frac{1}{e}$, то получим следующее приближение:

$$e^{-P\frac{r}{t}} < \frac{P \cdot s}{t} + \frac{P \cdot t'}{S \cdot t}$$

$$P > \frac{t}{r}\left(-\ln\left(\frac{P \cdot s}{t} + \frac{P \cdot t'}{S \cdot t}\right)\right) \qquad (3)$$

При $r = 0$ будем считать, что $P = \infty$: тогда XSL-атаке не сработает.

Если T^{ω}– сложность гауссова редукция, то сложность XSL-атаки составляет:

$$WF = T^{\omega} \approx t^{\omega P} \cdot \binom{S}{P}^{\omega} \approx (tS)^{\omega P} \approx (t \cdot B \cdot N_r^2)^{\omega P} \approx (t/s \cdot Bs \cdot N_r^2)^{\omega P} \approx (t/s)^{\omega P} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega P}$$
$$\approx (t/s)^{\omega P} \cdot (\text{Размер блока})^{\omega P} \cdot (\text{Количество раундов})^{\omega P}$$

Теперь применим оценку (3). Понятно, что значение $\left(-\ln\left(\frac{P \cdot s}{t} + \frac{P \cdot t'}{S \cdot t}\right)\right)$ ограничено константой, которая не зависит от размера блока и количества раундов шифра. Более того, на практике значение $\left(-\ln\left(\frac{P \cdot s}{t} + \frac{P \cdot t'}{S \cdot t}\right)\right)$ будет близко к 1. Поэтому интересно оценить ожидаемую сложность атаки XSL при $P = [t / r]$. Это дает следующую оценку сложности XSL атаки на блочные шифры:

$$WF \approx (t/s)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]+o(1)} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]+o(1)} \approx \Gamma^{\omega} \cdot ((\text{Размер блока}) \cdot (\text{Количество раундов})^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]}$$

$$WF = \Gamma^{\omega} \cdot ((\text{Размер блока}))^{O\left(\frac{t}{r}\right)} \cdot ((\text{Количество раундов}))^{O\left(\frac{t}{r}\right)}$$

Эта сложность является полиномиальной по отношению к размеру блока и количеству раундов. Постоянная часть зависит от Г, которая зависит только от параметров S-блока, используемого в шифре, и, как правило, имеет двойную экспоненциальную сложность по s.

Оценка XSL-атаки алгоритмов шифрования «AL01» и «Qamal»

Общее число членов в системах уравнения составляет около:

$$R \approx t^P \cdot \binom{S}{P}$$

где, S будет общим количеством S-блоков; $P = [t/r]$;

Если T^{ω} - сложность гауссовой редукции, то сложность атаки XSL составляет около:

$$WF = T^{\omega} \approx t^{\omega P} \cdot \left(\frac{S}{P}\right)^{\omega} \approx (tS)^{\omega P} \approx (t \cdot B \cdot N_r^2)^{\omega P} \approx (t/s \cdot Bs \cdot N_r^2)^{\omega P} \approx \approx (t/s)^{\omega P} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega P} \approx \approx (t/s)^{\omega P} \cdot (\text{Размер блока})^{\omega P} \cdot (\text{Количество раундов})^{2\omega P}$$

(Blocksize - Размер блока, Numberofrounds - Количество раундов)

Ожидаемая сложность XSL атаки вычисляется по следующей формуле:

$$WF \approx (t/s)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]+o(1)} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]+o(1)} \approx \Gamma^{\omega} \cdot (\text{Blocksize} \cdot \text{Number of rounds}^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]} \quad (4)$$

Сложность XSL атаки оценивается по значению параметра $\omega = 2{,}376$.

Далее запишем параметры приведенной выше формулы (4) для каждого алгоритма и рассчитаем оценку XSL атаки.

1. Для алгоритма шифрования «AL01» определены следующие параметры:

1) количество одночленов $t = 137$ (пункт 1.3.2),
2) длина S-блока в битах $s = 8$,
3) количество независимых уравнений $r = 39$,
4) количество S-блоков, участвующий в одном раунде $B = 256$,
5) количество раундов $N_r = 4$ (см. описание алгоритма).

Тогда, оценка XSL-атаки для алгоритмов шифрования «AL01» определяется следующем образом:

$$WF \approx \left(\frac{t}{s}\right)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]} = \left(\frac{137}{8}\right)^{2{,}376 \cdot \left[\frac{137}{39}\right]} \cdot (256 \cdot 8 \cdot 4^2)^{2{,}376 \cdot \left[\frac{137}{39}\right]} \approx 2^{181}.$$

1. Для оценки алгоритма шифрования «Qamal» необходимы следующие данные со следующими значениями:

1) количество одночленов $t = 137$,
2) длина S-блока в битах $s = 8$,
3) количество независимых уравнений $r = 39$,
4) количество S-блоков, участвующий в одном раунде $B = 16$,
5) количество раундов $N_r = 8$ (см. описание алгоритма).

В итоге, проводим оценку и получаем, что:

$$WF \approx \left(\frac{t}{s}\right)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]} \cdot (B \cdot s \cdot N_r^2)^{\omega\left[\frac{t}{r}\right]} = \left(\frac{137}{8}\right)^{2{,}376 \cdot \left[\frac{137}{39}\right]} \cdot (16 \cdot 8 \cdot 8^2)^{2{,}376 \cdot \left[\frac{137}{39}\right]} \approx 2^{162}$$

Заключение. Для применения метода линеаризации необходимо, что число линейно независимых уравнений в системе уравнений было больше или равно числу уникальных одночленов, встречающихся в ней. С помощью алгебраических методов анализа, таких как метод расширенной линеаризации (XL) и метод расширенной разреженной линеаризации (XSL), вычислена оценка сложности нахождения решения системы булевых уравнений.

В ходе исследовательских работ разработан программный комплекс, позволяющий в значительной мере повышать эффективность проведения алгебраического криптоанализа. Данный программный комплекс дает возможность получить систему уравнений относительно любого заданного S-блока, а также оценить вычислительную сложность атаки в зависимости от заданных параметров. Полученные результаты показали, что разработанные алгоритмы шифрования являются стойкими к XL и XSL атакам. Как показывает итоги исследования, полученный уровень сложности вычисления намного превышает сложность вычисления, необходимых для проведения атаки «грубой силой».

Представленные работы проведены за счет средств финансирования проекта программно-целевого финансирования BR053236757 научных исследований на 2018-2020 годы «Разработка программных и программно-аппаратных средств для криптографической защиты информации при ее передаче и хранении в инфокоммуникационных системах и сетях общего назначения».

ЛИТЕРАТУРА

[1] C.E. Shannon. “Communication Theory of Secrecy Systems”, Bell Syst. Tech. Journal, Vol.28, 1949.

[2] N.Courtois, Goubin L.,W.Meier, J.D.Tacier, Solving Under defined Systems of Multivariate Quadratic Equations.Public Key Cryptography2002: Vol. 2274. Lecture Notesin Computer Science, New York: Springer, pp. 211-227.

[3] Courtois N., Klimov A., Patarin J., Shamir A. Efficiental gorithms for solving over defined systems of multivariate polynomial equations. Advancesin Cryptology - EUROCRYPT, 2000: Vol. 1807. Lecture Notesin Computer Science, NewYork: Springer, pp. 392–407.

[4] Courtois N., Pieprzyk J., Cryptanalysis of block cipher swith over defined systems of equations. Asiacrypt, 2002: Vol. 2501. Lecture Notesin Computer Science, New York: Springer, pp. 267-287.

[5] Nicolas Courtois and Josef Pieprzyk, Cryptanalysis of Block Ciphers with Overdened Systems of Equations. Cryptologye Print Archive, Report 2002/044, 2002.

[6] Nicolas Courtois, Algebraic Attacks over *GF*(2^k), Applications to HFE Challenge 2 and Sflash-v2. In F. Baoetal., editor, *PKC 2004*, volume 2947 of*LNCS*, Springer-Verlag, 2004, pp 201-217.

[7] Nicolas Courtois and Jacques Patarin. Aboutthe XL algorithm ober GF(2). InM. Joye, editor, *Progressin Cryptology - CT-RSA 2003*, Springer-Verlag, 2003, pp 140-156.

[8] Л.К. Бабенко, Е.А. Маро, Анализ стойкости блочных алгоритмов шифрования к алгебраическим атакам // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 12. – С. 110-119.

[9] Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка программных и программно-аппаратных средств для криптографической защиты информации при ее передаче и хранении в инфокоммуникационных системах и сетях общего назначения», 2018-2019г., № гос. регистрации 0118РК01064.

[10] K.Algazy, R. Biyashev, N. Kapalova, L. Babenko, E. Ishchukova, S. Nyssanbayeva, Investigation of the Different Implementations for the New Cipher Qamal Qamal // SIN '19 Proceedings of the 12th International Conference on Security of Information and Networks Article No. 8. Sochi, Russia — September 12 - 15, 2019 - doi>10.1145/3357613.3357622

Дюсенбаев Д.С., Алғазы К .Т., Сақан Қ.С.

«Al01» және «qamal» шифрлеу алгоритмдерін алгебралық криптоталдау негізінде зерттеу

Түйіндеме. Криптоталдаудың алгебралық әдісін заманауи берік шифрларғада қолдануға болады. Бұл әдістің негізі, айнымалылары ашық мәтін мен кілттің элементтері болатын сызықты теңдеулер жүйесін құру болып табылады. Теңдеулер жүйесін сызықтандыру әдісін шешуде кілттің элементтерін табу қарастырылады.Шифрлеуде пайдаланылатын түрлендірулердің ішінде S-блоккөп жағдайда шифрдің сызықты болмауын және криптошабуылдарға тұрақтылық деңгейінанықтайтын бірден-бір элемент болып табылады. Бұл жұмыста пайдаланылған айырбастау блоктары үшін құрылған сызықты емес теңдеулер жүйесін шешуде eXtended Linearization(XL) және eXtended Sparse Linearization (XSL) әдістері қарастырылады. Мақалада бұрын әзірленген «AL01» және «Qamal» шифрлеу алгоритмдері үшін XL және XSL шабуылдарының қиындығының бағалаулары келтірілген.

Түйін сөздер: алгебралық криптоталдау, шифрлеу, S-блок, беріктілік, ақиқаттар кестесі, XL шабуылы, XSL шабуылы.

ISSN: 1680 - 9211

Kalimoldayev M.[1], Tynymbayev S.[2], Almen D.[3], Skabylov A.[3]

([1]Institute of Information and Computational Technologies, Almaty, Kazakhstan;
[2]Satbayev University , Almaty, Kazakhstan;
[3]al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
e-mail: skabylov212@gmail.com)

IMPLEMENTATION OF THE NONCONDUCTIVITY CHECK ALGORITHM FOR A GIVEN BINARY POLYNOMIAL ON THE FPGA

Abstract. On the basis of non-positional polynomial number systems (NPNS), you can build a high-speed device for data encryption and decryption.This is because the NPNS belongs to a system of residual classes, where data is presented as a sequence of residuals. The advantage of this system is that there are no transfers between the residues at their base. This makes it possible to process data for each of the bases in parallel,which significantly speeds up the calculation process. To further speed up the calculation, the processed residues and bases of the system are represented as polynomials, and irreducible polynomials with binary coefficients are chosen as the base (module).In this case, the polynomials are processed according to the rules of modular arithmetic.In such a number system, processing of polynomials for each base (module) and inside the module is performed in parallel.

Cryptosystem on the basis of the NPS can be implemented in software, firmware and hardware. For hardware implementations in the cryptosystem, we must have a pseudo-random number generator, a block where the irreducibility of polynomials with different numbers of coefficients is checked, a block for generating polynomials that serve as keys for encrypting data, a block for generating reverse keys for decrypting cipher text, and blocks for multiplying polynomials modulo irreducible polynomials, which is the Central block of the cryptosystem where data is encrypted and decrypted.

In this paper, the Ben-Or algorithm was chosen to check for irreducibility of polynomials with degree N. The Ben-Or algorithm was implemented using the Verilog language on the Nexus 4 Artix 7 FPGA.

Key words: non-positional polynomial number system(NPNS), irreducible polynomials, irreducibility checking algorithms, programmable logic integrated circuits (FPGA).

Introduction. Not cited polynomials have found their application in various fields of mathematics, information technology, and cited polynomials are widely used in cryptography and are currently relevant. The properties of nonlinear polynomials make it possible to maximize the efficiency of computer implementation of arithmetic in finite fields [1].

Currently, fundamental and applied research is being carried out to develop and study reliable and effective unconventional cryptographic methods, algorithms and software for information security.

The use of non-positional polynomial systems when creating symmetric cryptosystems significantly increases the cryptographic security of the encryption algorithm [2].

In positional computing systems, certain algorithms and encryption methods, schemes and standards for electronic digital signatures have been developed. Using computational and cryptographic methods, the algorithms developed for non-positional polynomial systems can significantly increase the cryptographic strength of encryption algorithms and electronic digital signature schemes (generation and verification) [3], as well as reduce the length of hash values and electronic signatures. The effectiveness of this approach is based on the possibility of parallelizing computational procedures on each basis of non-positional polynomial computation systems. The use of these computing systems makes it possible to combine software and hardware implementation of encryption, electronic digital signature generation, and error detection / correction.

The meaning of the encryption algorithm in the non-positioned polynomial base of the computing system is as follows. The initial open message is represented as a sequence of N (bit) blocks of a given length. Each block is interpreted as a sequence of residues $a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x)$. Some polynomials F(x) GF(2) over a field N of degree $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ over a field GF (2) from division by different nonlinear polynomials [4]:

$$F(x) = a_1(x), a_2(x), \dots, a_n(x)) \quad (1)$$

Where F(x) $\equiv a_i(x)\left(mod p_i(x)\right), i = \overline{1,n}$, n- is the number of selected working bases. Nonconductive polynomials are called the base of action of non-positional polynomial systems $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$. According to the Chinese waste theorem, an expression is unique when the bases of action of non-positional polynomial systems for calculating $p_i(x)$ are different.

The work was selected from the condition of the following equation, based on all nonlinear polynomials over the field GF (2) with degree m_j:

$$k_1 m_1 + k_2 m_2 + \cdots + k_s m_s = N$$

There, $1 \leq m_j \leq N, k_1 + k_2 + \cdots + k_s = n$.

A pseudo-random string of length N is used as the secret key. Some other GF (2) polynomials are divided based on the same work on a field of degree N $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ and are also interpreted as residual chain $\beta_1(x), \beta_2(x), \dots, \beta_n(x)$:

$$G(x) = \left(\beta_1(x), \beta_2(x), \dots, \beta_n(x)\right), G(x) \equiv \beta_i(x)\left(mod_{pi}(x)\right), i = \overline{1,n} \quad (2)$$

Then the ciphertext H (x) is obtained from the polynomials F (x) and G (x) as a result of executing some function, which is also a non-positional calculation of the residues $\gamma_1(x), \gamma_2(x), \dots, \gamma_n(x)$ H(x) After splitting polynomial systems based on work, $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ is interpreted as a sequence:

$$H(x) = \left(\gamma_1(x), \gamma_2(x), \ldots, \gamma_n(x)\right), H(x) \equiv \gamma_i(x)\left(mod\, p_i(x)\right), i = \overline{1,n} \quad (3)$$

In the developed cryptosystem, the operation of multiplying the residual polynomials based on the modulus is used as such a function:

$$\gamma_i(x) = \alpha_i(x)\beta_i(x) mod p_i(x), i = \overline{1,n} \quad (4)$$

When encrypting the cipher $H(x)$, for each polynomial $\beta_i(x)$ the following comparison comparison conditions $\beta_i^{-1}(x)$ of the inverse calculation of the polynomial are satisfied:

$$\beta_i(x)\beta_i^{-1}(x) \equiv 1\left(mod p_i(x)\right), i = \overline{1,n} \quad (5)$$

The result is a polynomial:

$$G^{-1}(x) = \left(\beta_1^{-1}(x), \beta_2^{-1}(x), \ldots, \beta_n^{-1}(x)\right) \quad (6)$$

G(x) changes to a polynomial. Then the elements of the sequence (5) and (6) are restored as a result of the following operation:

$$\alpha_i(x) = \beta_i^{-1}(x)\gamma_i(x) mod p_i(x). i = \overline{1,n} \quad (7)$$

Based on non-positional polynomial systems, the polynomial operation $\rho_1(x), \rho_2(x), \ldots, p_n(x)$ and the secret key $G(x) = \left(\beta_1(x), \beta_2(x), \ldots, \beta_n(x)\right)$ are chosen as a complete key of a given length N bits in the model encryption systems.

In this article, the GF (2) algorithm for selecting and creating a database of polynomials that are not derived from polynomials in a finite field is implemented in FPGA. The main idea of the algorithm for creating a base of inexhaustible polynomials in a finite field of degree n GF (2) is to study the nonlinearity of all polynomials in a finite field GF (2) using the Ben-Or algorithm.

```
module new_draft(
input clk,
input [16:0] f,
input [16:0] p,
input start,
output reg [16:0] q );

wire [16:0] g;
reg [16:0] a;
reg [16:0] b;
reg flag = 0;

assign g = p%f;
```


```
module new_draft(
input clk,
input [16:0] f,
input [16:0] p,
input start,
output reg [16:0] q );

wire [16:0] g;
reg [16:0] a;
reg [16:0] b;
reg flag = 0;
```

```
always @ (posedge clk)
begin
    if(p == 0)
        q <= 0;
    else
    begin
        if(start)
            flag <= 1'b0;

        if(flag == 0)
        begin
            a <= f;
            b <= g;
            flag <= 1'b1;
        end
        else
        begin
            if(b == 0)
            begin
                q <= a;
            end
            else
            begin
                a <= b;
                b <= a%b;
            end
        end
    end
end
endmodule
```

Fig. 1. The Ben-Or algorithm in the behavioral language Verilog

Ben-Or algorithm

This algorithm is based on the following concept:

For $i \geq 1$, the polynomial $x^{q^i} - x \in F_q[x]$ is the product of all normalized irreducible polynomials in the field $F_q[x]$ [5].

Algorithm: Ben-Or algorithm for checking polynomials.

Input: $f(x) \in F_q[x]$ – n normalized polynomial of degree

Output: "True" - irreducible polynomials $f(x)$

"False" - reducible polynomials - $f(x)$

cycle: for a value from $i = 1 - to\ n/2$:

$q = \gcd(f(x), (x^{q^i} - x) mod f(x))$

if $q \neq 1$, "False"

end of cycle

According to the Ben-Or algorithm, calculates the values $q = \gcd(f(x), (x^{q^i} - x) mod f(x))$ for values from $i = 1 - to\ n/2$ and if q is equal to at least it has the value "false" 1 time, it is considered a polynomial. For a polynomial to be non-conductive, the output must be true for all values from $i = 1 - to\ n/2$ [6].

GF (2) create base of nonlinear polynomials in finite field

Considering that the number of n-degree polynomials in GF (2) is 2^n, and that polynomials without a constant term are divisible by x total number of polynomials tested for nonlinearity is 2^{n-1}.

Algorithm: GF (2) Create a base of nonlinear polynomials in a finite field.

Input: n - GF (2) degree of a polynomial in a finite field n≥1

a – an algorithm for studying irreducible properties

Output: base of irreducible polynomials

if $n = 1$

b=1; s=1;

if $n > 1$

b=$2^n + 1$*; s=2;*

end
cycle: *from* $j = b - to - 1$ *with step s:*
if a (j) = "True", write polynomial j to the database.
end of cycle

In the polynomials in steps s $b - to\ 2^{n+1} - 1$ polynomials that do not lead to Ben-Or's algorithm accumulate in the base of polynomials that cannot be verified.

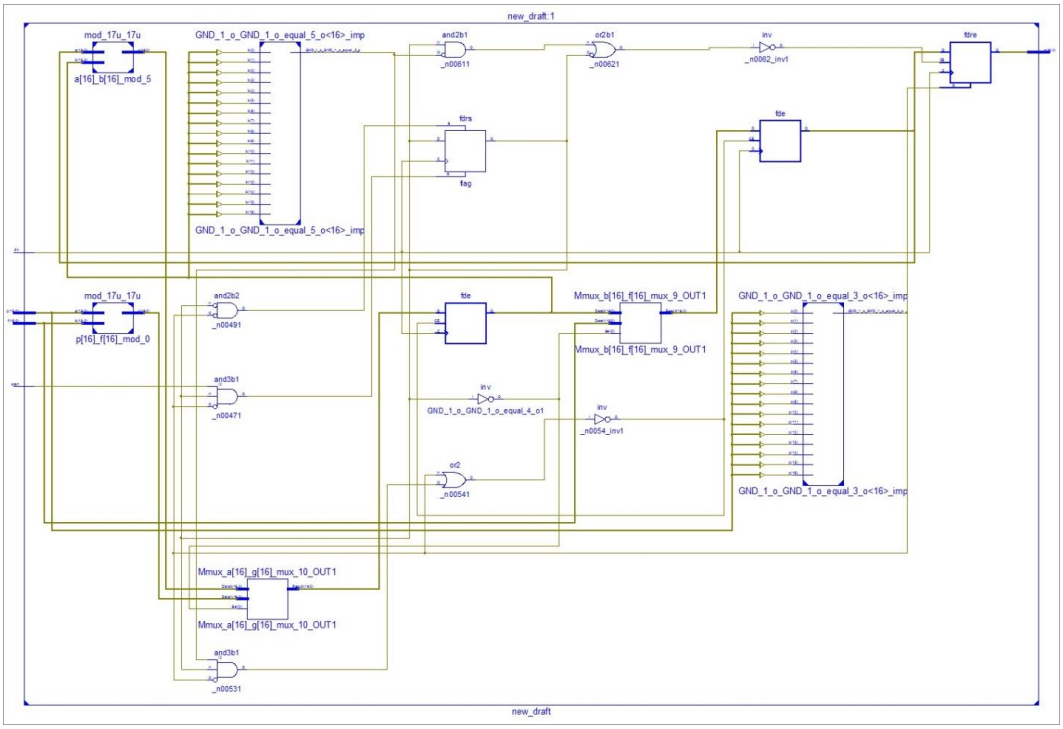


Fig. 2. RTL diagram of Ben-Or algorithm developed in FPGA

Figure 2 shows a schematic diagram of the Ben-Or RTL algorithm. The input polynomial f = 10111 was obtained. Since the polynomial has 5 digits, according to the algorithm $i = 1 - to\ 3$. The polynomial was checked using the Ben-Or algorithm and $q = 1$, for all values from $i = 1 - to\ 3$, i.e. polynomial is a non-linear polynomial.

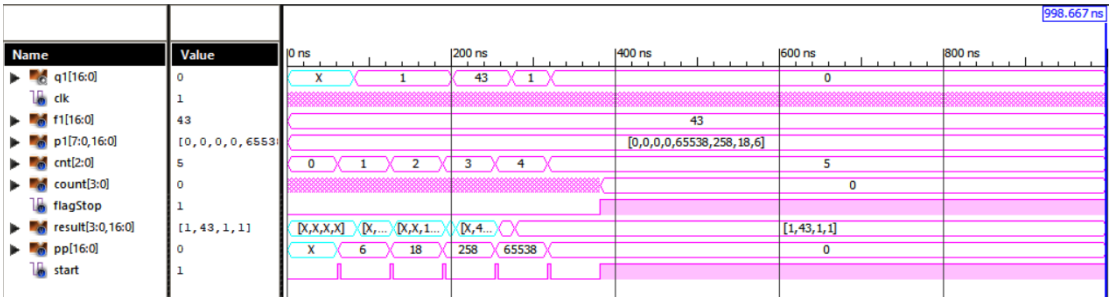


Fig. 3. Input and output values of the Ben-Or algorithm developed in FPGA

Figure 3 shows the input and output values of the algorithm.

Nonlinear polynomials are important in cryptography based on non-positional polynomial systems. The non-positional polynomial system (NPSS) uses nonlinear polynomials in a finite field GF (2) as a basis.

In this work, a database of irreducible polynomials was developed, which are used as a key in symmetric cryptographic information security algorithms. To create a base of nonlinear polynomials in a

finite field of degree n GF (2), all polynomials in a finite field GF (2) were examined for nonlinearity properties using the Ben-Or algorithm.

Ben-Or algorithm is a probabilistic algorithm for testing polynomials on infinite properties. The Ben-Or algorithm quickly detects insignificant irreducible factors, thus performing much less computation than other algorithms [7]. This algorithm was implemented on the Nexys 4 Artix-7 FPGA board.

REFERENCES

[1] Kalimoldayev, M.,Tynymbayev, S., Magzom, M., Ibraimov, M., Khokhlov, S., Abisheva A., Sydorenko, V. Polynomials multiplier under irreducible polynomial module for high-performance cryptographic hardware tools//CEUR Workshop Proceedings.Volume 2393, 2019, Pages 729-737.

[2] Amerbaev, V.M., Biyashev, R.G., and Nysanbaeva, S.E., Application of non-positional number systems for cryptographic protection, Izv. Nat. acad. Sciences Rep. Kazakhstan. Ser. physical-mat. 2005. No. 3. S. 84-89. (in Russ.).

[3] Kalimoldayev, M.,Tynymbayev, S., Gnatyuk, S, Ibraimov, M., Magzom, M. The device for multiplying polynomials modulo an irreducible polynomial//News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, Series of Geology and Technical Sciences. Volume 2, Issue 434, 2019, Pages 199-205.

[4] Nysanbaeva S.E., Varennikov A.V. Formation of a database of irreducible irreducible polynomials over a finite field GF (2) // Informatics and Applied Mathematics: Mat. IV Int. scientific. conf. (September 25-29, 2018). Part 2. - Almaty, 2019. - 647 p. (in Russ.).

[5] Daniel Panario and Bruce Richmond. Analysis of ben-or's polynomial irreducibility test. In proceedings of the eighth international conference on Random structures and algorithms, pages 439–456, New York, NY, USA, 1998. John Wiley & Sons, Inc.

[6] Daniel Panario, Boris Pittel, Bruce Richmond, and Alfredo Viola. Analysis of rabin's irreducibility test for polynomials over finite fields. Random Structures and Algorithms, 19:525–551, October 2001.

[7] Hayman, Steven, "Testing Irreducibility of Trinomials over GF(2)" (2012). Honors Projects. Paper 14.

Калимолдаев М., Тынымбаев С., Әлмен Д., Сқабылов Ә.Ә.

Берілген екілік полиномның өткізгіштіксіздігін тексеру алгоритмін плис негізінде орындау

Түйіндеме. Позициялық емес полиномдық сан жүйелерінің (ППСЖ) негізінде деректерді шифрлауға және дешифрлауға арналған жоғары жылдамдықты құрылғы жасауға болады. Бұл ППСЖ деректердің қалдық тізбегі ретінде ұсынылатын қалдық класы жүйесіне жататындығына байланысты. Мұндай жүйенің артықшылығы олардың негізі бойынша қалдықтар арасында тасымалдардың болмауы болып табылады. Бұл мәліметтерді есептеу процесін едәуір тездететін базалардың әрқайсысы үшін параллель өңдеуге мүмкіндік береді. Есептеуді одан әрі тездету үшін өңделетін жүйенің қалдықтары мен негіздері көпмүшелермен ұсынылады, ал екілік коэффициенттері бар қайтымсыз полиномдар негіз ретінде таңдалады (модуль). Бұл ретте полиномдар модулярлық арифметика ережелері бойынша өңделеді. Мұндай есептеу жүйесінде әрбір негіз (модуль) бойынша және модуль ішінде полиномдарды өңдеу параллельді орындалады.

ППСЖ негізінде криптожүйелер бағдарламалық, аппараттық-бағдарламалық және аппараттық құралдарда жүзеге асырылуы мүмкін. Аппараттық енгізілімдерде, криптожүйенің бөлігі ретінде бізде жалған кездейсоқ сандар генераторы, әр түрлі коэффициенттері бар полиномдар, қайтымсыздық тексерілетін блок, мәліметтерді шифрлау үшін кілт ретінде қызмет ететін полиномдарды құруға арналған блок, шифр мәтінін шифрлау үшін кері кілттерді құруға арналған блок, көп полиномдар блоктары, деректерді шифрлайтын және шифрланған криптожүйенің орталық блогы болып табылатын модульдік қайтымсыз полиномдар болуы керек.

Бұл жұмыста Бен-Ор алгоритмі N дәрежелі полиномдардың қайтымсыздығын тексеруге арналған. Ben-Or алгоритмі Nexus 4 Artix 7 FPGA-де Verilog тілін қолдану арқылы жүзеге асырылды.

Түйін сөздер: позициялық емес полиномдық сан жүйесі (ППСЖ), қайтымсыз полиномиялар, қайтымсыздықты тексеру алгоритмдері, программаланатын логикалық интегралдық схемалар (ПЛИС).

Калимолдаев М., Тынымбаев С., Әлмен Д., Сқабылов Ә.Ә.

Реализация на плис алгоритма проверки на непроводимость для заданного двоичного полинома

Резюме. На базе непозиционных полиномиальных систем счисления (НПСС) можно построить быстродействующие устройство для шифрования и дешифрования данных. Это объясняется тем, что НПСС относится к системе остаточных классов, где данные представляется в виде последовательности остатков. Преимущество такой системы заключается в отсутствии переносов между остатками по их основанию. Это дает возможность параллельно обработать данные по каждому из оснований,что существенно ускоряет процесс вычисления. Для дальнейшего ускорения вычисления обрабатываемые остатки и основания системы представляют полиномами и в качестве основания (модуля) выбираются неприводимые полиномы с двоичными коэффициентами. При этом полиномы обрабатываются по правилам модулярной арифметики.В такой системе счисления обработка полиномов по каждому основанию (модулю) и внутри модуля выполняется параллельно.

Криптосистемы на базе НПСС можно реализовать программно, программно-аппаратно и аппаратно. При аппаратной реализаций в составе криптосистемы мы должны иметь генератор псевдослучайных чисел, блок, где осуществляется проверка на неприводимость полиномов с различным числом коэффициентов, блок генерации полиномов, которые служат ключами при шифрований данных,блок генераций обратных ключей для расшифрования шифро-текста, блоки умножения полиномов по модулю неприводимых полиномов, который является центральным блоком криптосистемы, где осуществляется шифрование и расшифрование данных.

В данной работе для проверки на неприводимость полиномов со степенью Nбыл выбран алгоритм Бен-Ор.Алгоритм Бен-Ор был реализован с помощью языка Verilogна ПЛИС Nexus 4 Artix 7.

Ключевые слова: непозиционная полиномиальная система счисления (НПСС), неприводимые полиномы, алгоритмы проверки на неприводимость, программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС).

536.483

M.Massina, A.Aldiyarov
(al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: kantaevamn@gmail.com)

INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRYOCONDENSATION TEMPERATURE ON THE VIBRATIONAL SPECTRA OF ETHANOL IN A NITROGEN CRYOMATRIX

Abstract. The processes of cryoprecipitation of the ethanol-nitrogen gas mixture at different temperatures, as well as the properties of the resulting cryocondensates, have been investigated. The object of research is thin films of nitrogen cryocondensates (matrices) containing ethanol molecules in various cluster states. Changes in the character of vibrational spectra were interpreted as a result of structural thermally stimulated transformations in solid ethanol.

Key words: cryomatrix, cryophysics, adsorption, cryomatrix isolation, nitrogen cryocondensate.

М.Н. Масина, А.У. Алдияров
(Казахский национальный университет имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан
E-mail: kantaevamn@gmail.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИОКОНДЕНСАЦИИ НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ЭТАНОЛА В КРИОМАТРИЦЕ АЗОТА

Аннотация. Проведены исследования процессов криоосаждения газовой смеси этанол–азот при различных температурах, а также свойств образующихся криоконденсатов. Объект исследований — тонкие пленки криоконденсатов азота (матрицы), содержащие молекулы этанола в различных кластерных состояниях. Изменения в характере колебательных спектров интерпретировались как результат структурных термостимулированных трансформаций в твердом этаноле.

Ключевые слова: криоматрица, криофизика, адсорбция, криоматричная изоляция, криоконденсат этанола.

Введение. В течение последних 90 лет было проведено много исследований поведения этанола и других веществ в конденсированном состоянии. Было выяснено, что этанол в конденсированном состоянии обладает уникальными полиморфными и полиаморфными свойствами. Уникальные свойства этанола были исследованы экспериментаторами с различных стран с использованием оптических, акустических, калориметрических, структурных и других методов. Известно, что при температуре ниже температуры своей точки плавления (T_m=159K) этанол существует в различных состояниях: стеклообразное состояние (структурное стекло SG), образующееся в процессе быстрого охлаждения жидкой фазы до температуры, ниже температуры стеклоперехода T_g=97 K; пластический кристалл PC (bcc), который образуется через промежуточную суперохлажденную жидкую фазу (SCL) в результате нагрева SG выше T_g; ориентационно-разупорядоченный кристалл (ODC), образующийся в ходе охлаждения пластического кристалла PC до температуры ниже T=97 K; моноклинный кристалл MC, являющийся основным устойчивым состоянием твердого этанола [1].

В данной работе задачей проводимых нами исследований является попытка объяснения сложного и зачастую неоднозначного поведения тонких пленок криоконденсатов этанола в процессе термостимулированных превращений с позиций влияния на эти процессы кластерного состава осаждаемых образцов.

Таким образом, учитывался тот факт, что содержащиеся в матрице кластеры могут образовываться как в газовой фазе с последующим захватом матрицей, так и в процессе конденсации смеси, скорее всего, в адсорбслое. Обобщенные данные этих исследований были использованы для анализа полученных спектров [2].

Исходя из предыдущих исследований, были получены данные по влиянию температуры криоматрицы на кластерный состав молекул этанола в криоматрице азота. Тогда мы выяснили, что постоянное повышение температуры увеличивает скорость перехода. Нами были изучены оптические свойства тонких пленок закиси азота, воды и этанола в ИК-диапазоне, определено влияние термостимулированных структурных трансформаций в образцах на их колебательные спектры [3, 4].

Методика исследования. При проведении данного исследования был выбран метод криоматричной изоляции, так как он широко распространен в современных научных исследованиях в области физики конденсированного состояния.

В классическом варианте метода матричной изоляции, разработанного в 1950-х годах, предполагается, что матрица должна играть роль «инертного разбавителя», т.е. обеспечивать изоляцию исследуемых частиц при минимальном возмущении их структуры.

Основная экспериментальная методика получения матрицы в классическом методе матричной изоляции заключается в осаждении смеси матричного газа и исследуемого вещества на холодную подложку при низком давлении. Получаемая при этом твердая пленка (статистический конденсат) является неравновесной, а состояние исследуемых молекул в ней примерно соответствует их состоянию в разреженном газе [5].

Метод криоматричной изоляции широко распространен в современных научных исследованиях в области физики конденсированного состояния. Суть метода заключается в отделении химических частиц (молекул, кластеров, радикалов) друг от друга, предоставляя тем самым возможность в конденсированном состоянии вести себя аналогично изолированным объектам. В качестве инертных разбавителей, препятствующих взаимодействию частиц используются такие молекулярные газы как He, Ne, Ar, Kr, Xe, N_2, CO. Вышеперечисленные вещества при температурах порядка 10 К переходят в твердую фазу той или иной степени упорядоченности. Также в узлах решетки твердой фазы могут содержаться посторонние молекулы. Технически матрица формируется при совместной конденсации инертного газа, т.е. матричного материала, и вещества, которое поставляет матрично-изолируемые молекулы, на охлаждаемую подложку [6].

Описание проводимого исследования. В данном исследовании использовалась экспериментальная установка в основе которой лежит вакуумная камера. Вакуумная камера откачивалась до давления $P=10^{-8}$ Тор, после чего для предотвращения загрязнения подложка перекрывалась защитной пластинкой и проводилось ее охлаждение до Т=12 К. С помощью системы натекания в камере устанавливалось рабочее давление смеси $P=10^{-5}$ Тор, открывалась подложка и начинался процесс криоосаждения пленки, контролируемый двухлучевым лазерным интерферометром. После того, как толщина образца составляла 25-30 мкм напуск газа прекращался наблюдателем и в камере вновь устанавливалось давление порядка $P=10^{-8}$ Тор. Далее измерялся колебательный спектр образца, после чего ИК-спектрометр устанавливался на частоте наблюдения υ=1260 $см^{-1}$ и в течение 30-40 минут измерялся сигнал интерферометра при постоянной температуре, равной температуре конденсации Т=16 К. Тем самым анализировалось состояние образца во времени при постоянной температуре. В дальнейшем измерения осуществлялись двумя методами. В одном случае температура образца повышалась на 0.5-1 градус и фиксировалась. В это время измерялся сигнал интерферометра на частоте наблюдения. Во втором случае осуществлялся непрерывный нагрев образца, скорость которого определялась естественным теплопритоком к подложке при выключенной микрокриогенной машине.

По достижении температуры подложки 16К с помощью одного из натекателей в камере устанавливалось рабочее давление паров этанола ($\sim10^{-6}$ Тор), после чего с помощью второго натекателя в камеру напускался азот до давления, соответствующего рабочему составу смеси этанола и азота. Таким образом если давление паров этанола составляло 10^{-6} Тор, а резльтирующее давление после напуска азота равнялось $5\cdot10^{-5}$Тор, то концентрацию этанола в смеси можно было считать

приблизительно равной 2%. Далее откачку вакуумной камеры прекращали, защитную задвижку с помощью магнитопривода отводили в сторону и с помощью лазерного интерферометра измеряли скорость роста и толщину образующейся пленки смеси газов. По достижении заданной толщины образца напуск газов в камеру отключали, подложку перекрывали защитной пластиной, открывали вентиль и вакуумную камеру вновь откачивали до предельно высокого вакуума [7].

Результаты исследования.

В ходе отогрева пленки происходят существенные изменения характера и положения полос поглощения, а так же превращений в ней. Это можно увидеть на рисунке 1, результаты которого были сняты при следующих условиях:

-толщина пленки d=0,75 мкм,

-температура конденсации T=16 K,

-скорость отогрева $V_{ann.} \approx 0.03$К/с в интервале от 16 до 60К и $V_{ann.} \approx 0.01$ К/с при T> 60К.

Существенное смещение валентной полосы поглощения O–H с повышением температуры в область более низких частот означает усиление межмолекулярного взаимодействия по сети водородных связей. При этом очевидно, что столь заметные различия в спектрах твердого этанола при разных температурах, соответствуют разной организации молекул этанола.

Непосредственно во время отогрева снимался спектр в диапазоне 2600-3600 $см^{-1}$. Поэтому спектры соответствуют определенному диапазону температур. Снимать спектр во время отогрева, без задержки на определенной температуре, было просто необходимо, во избежание нарушения процесса трансформаций своим вмешательством. Ведь для некоторых структурных переходов есть несколько зависимостей. Дело в том, что если поддерживать постоянную температуру, например вблизи стеклоперехода, то данный процесс, происходящий при температуре стеклоперехода (T_g), все равно произойдет через какое-то время, не зависимо от того, будет повышаться температура системы или нет. Просто, от того как близко мы находимся к T_g, будет зависеть время релаксации стекла в другое состояние.

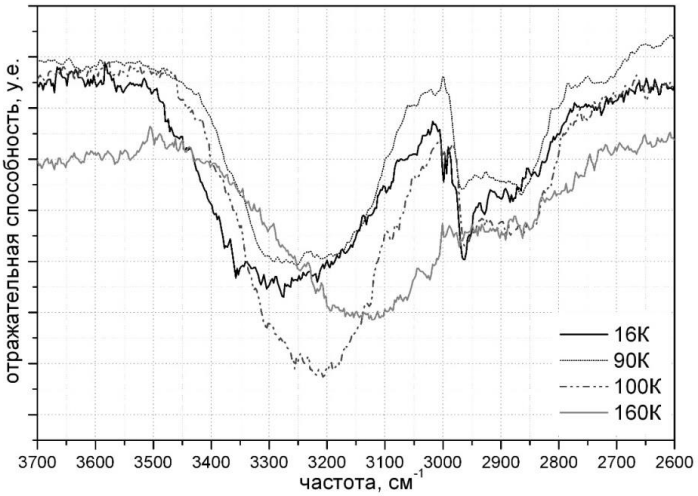


Рис. 1. ИК-спектры в диапазоне характерных колебаний O-H и C-H связей пленки твердого этанола в различных структурных состояниях при различных температурах

С другой стороны, постоянное повышение температуры, тоже увеличивает скорость перехода. Поэтому, образно можно сказать о том, что происходит два процесса одновременно: релаксационный, зависящий от температуры, и термостимулированный, который также зависит от температуры. Но зависимости эти разные. В связи с этим было решено не нарушать процесс отогрева пленки, и снимать спектры во время отогрева, не смотря на вносимые погрешности при этом в данные. Но эти погрешности не имеют столь принципиального значения, как данные полученные в ходе такого эксперимента.

Как видно из приведенных данных на рисунке 2 в диапазоне 16-53К, для толщины пленки d=0,75 мкм, температуры конденсации T=16 K, при скорости отогрева $V_{ann.} \approx 0.03$ К/с, наблюдается увеличение амплитуды полос поглощения O-H и C-H, что соответствует постепенному увеличению

энергии системы, поскольку не происходит заметного изменения формы пика и его смещений. Характерным такое поведение является для аморфного состояния. Поэтому нами и было сделано предположение о существовании в области 16-77К аморфного твердого этанола (ASE).

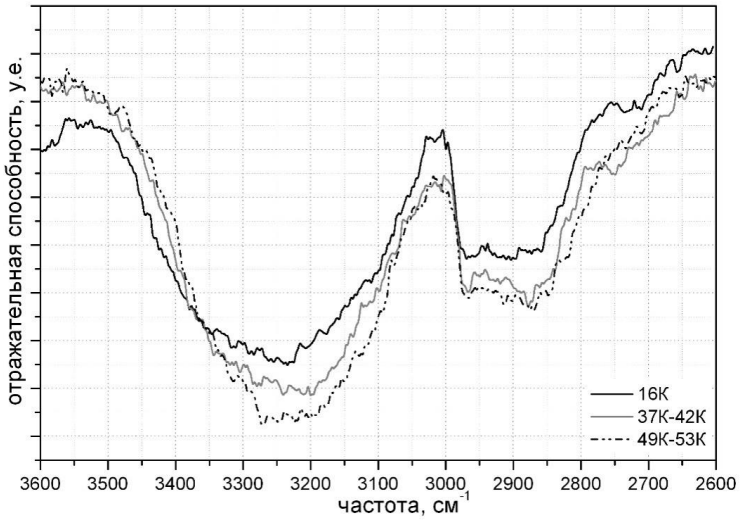


Рис. 2. ИК-спектры в диапазоне характерных колебаний О-Н и С-Н связей, пленки твердого этанола в различных структурных состояниях при температурах 16-53К

Удивительным фактом является то, что последующий отогрев приводит к его переходу в структурное стекло (SG). Есть предположение, что ASE является полностью разупорядоченным, в отличие от SG, полученного другими исследователями путем охлаждения SCL, и в итоге SG все таки сохраняет свойство жидкости (а именно ближний порядок). Напротив, в ASE даже говорить о ближнем порядке сложно, так как условия конденсации не позволяют возникнуть каким-либо релаксационным или точнее, ассоциативным процессам, ведь время релаксации в этой области является достаточно продолжительным.

Выводы:

1. Проведены ИК-спектрометрические исследования структурно-фазовых превращений в тонких пленках криовакуумных конденсатов этанола. Измерения проводились в диапазоне температур от 12 К до 53 К. Изменения в характере колебательных спектров интерпретируется как результат структурных термостимулированных трансформаций в твердом этаноле.

2. Нагрев пленки твердого этанола приводит к существенным изменениям характера и положения полос поглощения, а так же превращениям в ней. Существенное смещение валентной полосы поглощения О-Н с повышением температуры в область более низких частот означает усиление межмолекулярного взаимодействия по сети водородных связей.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Алдияров А., Дробышев А., Курносов В., Соколов Д.// СВ п.: Физика Низких Температур, т.39, №5, 2013, с.460 – 464.

[2] Алдияров А., Дробышев А., Курносов В., Соколов Д. К вопросу о существовании переохлажденной жидкой фазы у криовакуумных конденсатов этанола //Физика твердого тела. – 2012 – Т. 54, № 7. – С. 1387 – 1391.

[3] Дробышев А., Алдияров А. ИК-спектроскопия этанола, образованного реконденсацией из криоматрицы азота //Физика низких температур. – 2011 – Т. 37, №8. – С. 903 – 911.

[4] Дробышев А.С., Алдияров А.У., Катпаева К., Коршиков Е., Курносов В., Соколов Д.// Физика низких температур 39, 961 (2013).

[5] Мельников М.Я. Экспериментальные методы химии высоких энергий //М.:МГУ. – 2009. – С.824.

[6] Курносов В., Тимченко А. метод криоматричной изоляции в исследованиях процессов самоорганизации в криоконденсированных состояниях //2013. – С. 140.

[7] Дробышев А.С., Алдияров А.У., Катпаева К., Коршиков Е., Курносов В., Соколов Д.// Физика низких температур 39, 961 (2013).

УДК 517.968.78
МРНТИ 27.33.19

K.Zh. Nazarova, K.I. Usmanov, ZH.S.Erkisheva
(Kh A. Yassawi International Kazakh–Turkish University, Turkistan, Kazakhstan.
E-mail: gjnazarova@mail.ru)

THE UNIQUE SOLVABILITY OF A PARTICULAR CASE OF A SYSTEM OF INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH IMPULSIVE BOUNDARY CONDITIONS

Abstract: The paper considers a two-point boundary value problem for integro-differential equations with impulsive boundary conditions. An algorithm for solving the problem based on the parameterization method is proposed. Using the properties of the resolvent of integral equations, the equation is reduced to integral equations without derivatives on the right. Further, with the introduction of new parameters, the problem is reduced to a system of linear equations and to a special Cauchy problem with respect to the introduced parameters. A necessary and sufficient condition for the unique solvability of a two-point boundary value problem for a system of integro-differential equations with impulsive boundary conditions is established.

Key words: System of integro-differential equations, parameterization method, impulse boundary conditions, resolven.

К. Ж. Назарова, Қ. Ы. Усманов, Ж. С. Еркишева
(Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті,
Түркістан, Қазақстан. E-mail: gjnazarova@mail.ru)

ИМПУЛЬСТІ ШЕТТІК ШАРТТЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ БІР ДЕРБЕС ЖАҒДАЙЫНЫҢ БІРМӘНДІ ШЕШІМДІЛІГІ

Аңдатпа. Импульсті шеттік шартты интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бірмәнді шешілімділігін анықтау үшін параметрлеу әдісі қолданылған. Параметрлеу әдісінің негізінде есептің шешімін табу алгоритмі ұсынылған. Интегралдық теңдеулердің резольвентасының қасиеттерін қолданып, оң жағында туындысы жоқ интегро- дифференциалдық теңдеулерге келтірілген. Әрі қарай, жаңа параметрлерді енгізу арқылы, параметрлерге қатысты сызықтық теңдеулер жүйесі мен арнайы Коши есебі шығарылады. Импульсті шеттік шартты интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің бірмәнді шешілімділігінің қажетті және жеткілікті шарты тағайындалған.

Түйінді сөздер. Интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесі, параметрлеу әдісі, импульсті шеттік шарт, резольвента.

Кіріспе.

$[0,T]$ кесіндісінде импульсты шеттік шартты интегро-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін екі нүктелі шеттік есепті қарастырамыз

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \int_0^T K_1(t,s)x(s)ds + \int_0^T K_2(t,s)\dot{x}(s)ds + f(t), \tag{1}$$

$$t \in [0,T] \setminus \{\theta\}, \theta \in (0,\mathrm{T})\ x \in R^n,$$

$$Bx(0) + Cx(\mathrm{T}) = d, \quad d \in R^n, \tag{2}$$

$$x(\theta - 0) + x(\theta + 0) = p, \quad p \in R^n, \tag{3}$$

мұндағы $A(t)$ матрицасы және $f(t)$ вектор-функциясы $[0,T]$ кесіндісінде үзіліссіз, $K_1(t,s)$, $K_2(t,s)$ матрицалары сәйкесінше $[0,T]\times[0,T]$ аралығында үзіліссіз және $K_2(t,s)$ - функциясының s айнымалысы бойынша дербес туындысы бар болсын, $\|x\| = \max\limits_{i=1,n}|x_i|$.

$C([0,T],R^n)$ түрінде $[0,T]$ аралығында үзіліссіз $x:[0,T]\to R^n$ функциялар кеңістігін белгілейік және оның нормасын $\|x\|_1=\max\limits_{t\in[0,T]}|x(t)|$ арқылы анықтайтын боламыз.

XVIII–XIX ғасырларда физика мен математикада интегро- дифференциалдық теңдеуге келтірілетін есептер көп кездесе бастады. Интегро–дифференциалдық теңдеуге келтірілетін алғашқы есептерге мысал ретінде 1) берік оқпанның тепе теңдігі туралы Проктор есебін, 2) бұраушы тербелістер туралы Вольтерра есебін, 3) ұшақ қанатын есептейтін Прандтля есептерін айтуға болады. Әртүрлі физикалық құбылыстарды зерттеу барысында интегро–дифференциалдық теңдеулерді зерттеу қажеттілігі туындады. Себебі механикалық немесе физикалық есептерді шығару барысында көптеген процестердегі құбылыстар интегро–дифференциалдық теңдеулер түріне келтірілді. Интегро-дифференциалдық теңдеулерге қатысты мәселелер көптеген ғалымдардың еңбектерінде [1]-[13] кеңінен қарастырылды.

Оң жақ бөлігінде туындысы болмаған жағдайдағы интегро -дифференциалдық теңдеулерді шешудің параметрлеу әдісі [14] жұмысында келтірілген. Импульсті шеттік шартты дифференциалдық теңдеулерге параметрлеу әдісін [15] жұмысында қолданған.

Зерттеу әдісі. Бұл жұмыста оң жағында туындысы қатысқан импульсті шеттік шартты интегро-дифференциалдық теңдеулер үшін кері есеп қарастырылған.

Егер $K_2(t,s)$ функциясының s айнымалысы бойынша дербес туындысы бар болса, онда $\int\limits_0^T K_2(t,s)\dot{x}(s)ds$ - интегралы үшін бөліктеп интегралдау тәсілін пайдаланамыз

$$\int_0^T K_2(t,s)\dot{x}(s)ds=\frac{\partial K_2(t,s)}{\partial s}x(s)\Big|_0^T-\int_0^T\frac{\partial K_2(t,s)}{\partial s}x(s)ds=$$

$$=\frac{\partial K_2(t,T)}{\partial s}x(T)-\frac{\partial K_2(t,0)}{\partial s}x(0)-\int_0^T\frac{\partial K_2(t,s)}{\partial s}x(s)ds.$$

Келесі белгілеулерді енгізейік

$$K_0(t)=-\frac{\partial K_2(t,0)}{\partial s},\qquad K_1(t)=0,\qquad K_2(t)=\frac{\partial K_2(t,T)}{\partial s},$$

$$\int_0^T K(t,s)x(s)ds=\int_0^T K_1(t,s)x(s)ds-\int_0^T\frac{\partial K_2(t,s)}{\partial s}x(s)ds.$$

Сонда (1) - (3) шеттік есебі келесі түрге келтіріледі

$$\frac{dx}{dt}=A(t)x+\int_0^T K(t,s)x(s)ds+\left[K_0(t)x(0)-K_3(t)x(T)\right]+f(t), \tag{4}$$

$$t\in[0,T]\setminus\{\theta\},\ \theta\in(0,\mathrm{T})\ \ x\in R^n$$

$$Bx(0)+Cx(\mathrm{T})=d,\quad d\in R^n \tag{5}$$

$$x(\theta-0)+x(\theta+0)=p,\quad p\in R^n \tag{6}$$

Осы (4)-(6) есебіне параметрлеу әдісін пайдаланамыз, яғни қандай да бір $l \in N$ санын алып, $[0,T]$ аралығын $[0,T) = \bigcup_{r=1}^{2(l+1)} [t_{r-1}, t_r)$ бөліктерге бөлеміз, мұндағы $t_0 = 0,\ t_r = t_{r-1} + \frac{\theta}{l},\ r = \overline{1,l},\ t_r = t_{r-1} + \frac{T-\theta}{l},\quad r = \overline{l+1, 2(l+1)}.$

$x(t)$ функциясының әрбір $[t_{r-1}, t_r),\ r = \overline{1, 2(l+1)}$ аралығына сығылуын $x_r(t)$ түрінде белгілейміз. λ_r арқылы $x_r(t)$ функциясының $t = t_{r-1},\ r = \overline{1, 2(l+1)}$ нүктесіндегі мәнін белгілеп аламыз және осыған қоса $\lambda_{2l+3} = \lim_{t \to T-0} x_{2(l+1)}(t)$ параметрін енгіземіз.

Әрбір $[t_{r-1}, t_r)$ аралығында $u_r(t) = x_r(t) - \lambda_r,\ r = \overline{1, 2(l+1)}$, алмастыруын жасаймыз. Олай болса (4)- (6) есебі келесі шеттік есебіне келтіріледі:

$$\frac{du_r}{dt} = A(t)[u_r + \lambda_r] + \sum_{j=1}^{2(l+1)} \int_{t_{j-1}}^{t_j} K(t,s)[u_j(s) + \lambda_j]ds + \sum_{i=0}^{2} K_i(t)\lambda_{il+1} + f(t)\ ,\ [t_{r-1}, t_r)\ , \qquad (7)$$

$$u_r(t_{r-1}) = 0,\quad r = \overline{1, 2(l+1)}, \qquad (8)$$

$$B\lambda_1 + C\lambda_{2l+3} = d\ \ d \in R^n, \qquad (9)$$

$$\lambda_{l+1} + \lim_{t \to t_{l+1}-0} u_{l+1}(t) - \lambda_{l+2} = p, \qquad (10)$$

$$\lambda_S + \lim_{t \to t_s - 0} u_S(t) = \lambda_{S+1},\ \ s = \left\{\overline{1, 2(l+1)}\right\} \setminus \{l+1\}\ . \qquad (11)$$

$X(t)$ матрицасы $\frac{dx}{dt} = A(t)x$ дифференциалдық теңдеудің фундаменталды матрицасы болсын. Онда (7), (8) арнайы Коши есебі келесі интегралдық теңдеулер жүйесіне тең болады:

$$u_r(t) = X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau \cdot \lambda_r + X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)u_r(s)dsd\tau +$$

$$+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)ds d\tau \cdot \lambda_j + X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)\sum_{i=0}^{2} K_i(\tau)d\tau\lambda_{il+1} + X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)f(\tau)d\tau$$

$$[t_{r-1}, t_r), r = \overline{1, 2(l+1)} \qquad (12)$$

(12)-де $t = \tau$ деп алып, екі жағынан $K(t,\tau)$ көбейтіп, τ айнымалысы бойынша $[t_{r-1}, t_r)$ аралығында интегралдайық.

$$\int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)u_r(\tau)d\tau = \int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)u_j(s)dsd\tau_1 d\tau +$$

$$+\int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)\left\{A(\tau_1)\lambda_r + \sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau_1,s)ds \cdot \lambda_j\right\}d\tau_1 d\tau +$$

$$+\int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)\left\{\sum_{i=0}^{2} K_i(\tau_1)\lambda_{il+1} + f(\tau_1)\right\}d\tau_1 d\tau\ ,[t_{r-1}, t_r), r = \overline{1, 2(l+1)}\ . \qquad (13)$$

(13)-тің екі жағында $r=\overline{1,2(l+1)}$ бойынша қосындыласақ, алатынымыз

$$\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)u_r(\tau)d\tau=\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}K(\tau,s)u_j(s)ds d\tau_1 d\tau+$$

$$+\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\left\{A(\tau_1)\lambda_r+\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}K(\tau_1,s)ds\cdot\lambda_j\right\}d\tau_1 d\tau+$$

$$+\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\left\{\sum_{i=0}^{2}K_i(\tau_1)\lambda_{il+1}+f(\tau_1)\right\}d\tau_1 d\tau\,,t\in[0,T]. \qquad (14)$$

Келесі белгілеулерді енгізейік:

$$\Phi_{\mathrm{h}}(t)=\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)u_r(\tau)d\tau\,,$$

$$M_r(h,t)=\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)A(\tau_1)d\tau_1 d\tau+$$

$$+\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\int_{t_{j-1}}^{t_j}K(\tau_1,s)ds d\tau_1 d\tau\,,$$

$$P_i(h,t)=\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\sum_{i=0}^{2}K_i(\tau_1)d\tau_1 d\tau$$

$$F(h,t)=\sum_{r=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t_r}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)f(\tau_1)d\tau_1 d\tau\,.$$

Онда (14) теңдеу келесі түрде жазылады:

$$\Phi_{\mathrm{h}}(t)=\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{j-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\Phi_{\mathrm{h}}(\tau_1)d\tau_1 d\tau+$$

$$+\sum_{r=1}^{2(l+1)}M_r(h,t)\lambda_r+\sum_{i=0}^{2}P_i(h,t)\lambda_{il+1}+F(h,t)\,. \qquad (15)$$

Егер $h\in(0,h_0]$ -ты $q(h)=e^{\alpha h_0}\beta T h_0<1$ шартын қанағаттандыратындай етіп алсақ, онда

$$\left\|\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{j-1}}^{t}X^{-1}(\tau_1)\Phi_{\mathrm{h}}(\tau_1)d\tau_1 d\tau\right\|\le e^{\alpha\bar{h}}\beta T\bar{h}\max_{t\in[0,T]}\|\Phi_{\mathrm{h}}(t)\|,\quad t\in[0,T]$$

теңсіздігі орындалады және (15) теңдеудің жалғыз шешімі бар болады, мұндағы $\alpha=\max_{t\in[0,T]}\|A(t)\|$,

$\beta=\max_{(t,s)\in[0,T]\times[0,T]}\|K(t,s)\|$, $h=max\left(\frac{\theta}{l},\frac{T-\theta}{l}\right)$. Біртіндеп жуықтау әдісі арқылы $t\in[0,T]$ кесіндісінде келесі матрицалар мен векторларын табайық.

$$M_r^{(0)}(h,t) = M_r(h,t)$$

$$M_r^{(k)} = \int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)M_r^{(k-1)}(h,\tau_1)d\tau_1 d\tau, \quad k=1,2,...$$

$$P_0^{(0)}(h,t) = P_0(h,t)$$

$$P_0^{(k)}(h,t) = \int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)P_0^{(k-1)}(h,\tau_1)d\tau_1 d\tau, \quad k=1,2,...$$

$$F^{(0)}(h,t) = F(h,t)$$

$$F^{(k)}(h,t) = \int_{t_{r-1}}^{t_r} K(t,\tau)X(\tau)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)F^{(k-1)}\left(h,\tau_1\right)d\tau_1 d\tau, \quad k=1,2,...$$

Онда (15) теңдеулер жүйесінің

$$\Phi_{\text{h}}(t) = \sum_{r=1}^{m} D_r(h,t)\lambda_r + G(h,t)\lambda_0 + \sum_{i=0}^{2} W_i(h,t)\lambda_{il+1} + F_h(t) \tag{16}$$

жалғыз шешімі анықталады, мұндағы $D_r(h,t) = \sum_{k=0}^{\infty} M_r^{(k)}(h,t)$,

$W(h,t) = \sum_{k=0}^{\infty} P_0^{(k)}(h,t)$, $F_l(t) = \sum_{k=0}^{\infty} F^{(k)}(h,t)$. (16)-ны (12)-нің оң жағына қоятын болсақ, онда $u_r(t)$ функцияларының λ_r, $r = \overline{0,2(l+1)}$ параметрлерімен өрнектелуін аламыз:

$$u_r(t) = X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau\cdot\lambda_r + \sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau_1)\left(D_j(h,\tau) + \int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)\right)dsd\tau\cdot\lambda_j +$$
$$+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)G(h,\tau)d\tau\cdot\lambda_0 + X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)\sum_{i=0}^{2}\left[W(h,\tau)+K_i(\tau)\right]d\tau +$$
$$+X(t)\int_{t_{r-1}}^{t} X^{-1}(\tau)\left(f(\tau)+F_h(\tau)\right)d\tau \tag{17}$$

(17)-ден $\lim_{t\to t_p-0} u_p(t)$ шек мәнін анықтай отырып, (9)-(11)-ға қоятын болсақ, онда λ_r, $r = \overline{0,2(l+1)}$ параметрлеріне қатысты сызықтық теңдеулер жүйесі анықталады:

$$B\lambda_1 + C\lambda_{2l+3} = d, \tag{18}$$

$$\left[I + X(t_{l+1})\int_{t_{l-1}}^{t_l} X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau\right]\lambda_{l+1} + \sum_{j=1}^{2(l+1)} X(t_{l+1})\int_{t_{l-1}}^{t_l} X^{-1}(\tau)\left[D_i(h,\tau) + \int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)ds\right]d\tau\cdot\lambda_j +$$
$$+X(t_{l+1})\int_{t_{l-1}}^{t_l} X^{-1}(\tau)G(h,\tau)d\tau\cdot\lambda_0 + X(t)\int_{t_{l-1}}^{t_l} X^{-1}(\tau)\sum_{i=0}^{2}\left[W(h,\tau)+K_i(\tau)\right]d\tau - \lambda_{l+2} =$$
$$= p - X(t_{l+1})\int_{t_{l-1}}^{t_l} X^{-1}(\tau)\left(f(\tau)+F_h(\tau)\right)d\tau \tag{19}$$

$$\left[I + X(t_S)\int_{t_{S-1}}^{t_S} X^{-1}(\tau)A(\tau)d\tau \right]\lambda_S + \sum_{j=1}^{2(l+1)} X(t_s)\int_{t_{S-1}}^{t_S} X^{-1}(\tau)\left[D_i(h,\tau) + \int_{t_{j-1}}^{t_j} K(\tau,s)ds \right]d\tau\cdot\lambda_j +$$

$$+X(t_S)\int_{t_{S-1}}^{t_S} X^{-1}(\tau)G(h,\tau)d\tau\cdot\lambda_0 + X(t)\int_{t_{S-1}}^{t_S} X^{-1}(\tau)\sum_{i=0}^{2}\left[W(h,\tau)+K_i(\tau)\right]d\tau - \lambda_{S+1} =$$

$$= -X(t_S)\int_{t_{S-1}}^{t_S} X^{-1}(\tau)\left(f(\tau)+F_h(\tau)\right)d\tau, \qquad s=\left\{\overline{1,2(l+1)}\right\}\setminus\left\{l+1\right\} \tag{20}$$

(18) - (20) сызықтық теңдеулер жүйесінің матрицасы $Q_*(h)$ деп белгілейміз. Сонда

$$Q_*(h)\lambda = -F_*(h), \quad x\in R^{2(n+1`)(l+1)}$$

мұндағы

$$F_*(h)=\Bigg(\mathrm{d}, \quad X(h)\int_0^{t_1} X^{-1}(\tau)(f(\tau)+F_h(\tau))d\tau - p,\ldots, X(T-t_{l+1})\int_{T-t_{l+1}}^{T} X^{-1}(\tau)(f(\tau)+F_h(\tau))d\tau - p,$$

$$X(h)\int_0^{t_1} X^{-1}(\tau)(f(\tau)+F_h(\tau))d\tau,\ldots, X(T-t_{l+1})\int_{T-t_{l+1}}^{T} X^{-1}(\tau)(f(\tau)+F_h(\tau))d\tau \Bigg)$$

Нәтижесі.

Теорема. (1), (2) шеттік есептің бірмәнді шешілімді болу үшін, $Q_*(h)$ матрицасының кері матрицасы барлық $h\in(0,h_0]$ үшін болуы қажетті және қандай да бір $h\in(0,h_0]$ үшін бар болуы жеткілікті.

Теореманың дәлелдеуі ([1], 1256 бет.) жұмыстағы теореманың дәлелдеуімен бірдей.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] M. Turkyilmazoglu. An effective approach for numerical solutions of high-order Fredholm integro-differential equations // Applied Mathematics and Computation. - 2014. - V. 227. - P.384-398.

[2] H. Du, G. Zhao, Ch. Zhao, Reproducing kernel method for solving Fredholm integro-differential equations with weakly singularity. J. Comput. Appl. Math. 255 (2014), pp. 122-132

[3] T. K. Yuldashev, "A Double Inverse Problem for Fredholm Integro-Differential Equation of Elliptic Type", *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Univ., Ser. Fiz.-Mat. Nauki [J. Samara State Tech. Univ., Ser. Phys. Math. Sci.]*, **2(35)** (2014), 39–49

[4] T. K. Yuldashev, "Inverse Problem for a Fredholm Third Order Partial Integro-differential Equation", *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Univ., Ser. Fiz.-Mat. Nauki [J. Samara State Tech. Univ., Ser. Phys. Math. Sci.]*, 1(34) (2014), 56–65

[5] Dzhumabaev D.S., Necessary and Sufficient Conditions for the Solvability of Linear Boundary-value Problems for the Fredholm Integro-Differential Equation. Ukr.Math.J. 66 (2015), pp. 1200-1219.

[6] Dzhumabaev D.S., On one approach to solve the linear boundary value problems for Fredholm integro-differential equations. Journal of Computational and Applied Mathematics. 294(2016), pp. 342-357.

[7] Dzhumabaev D.S. Computational methods of solving the boundary value problems for the loaded differential and Fredholm integro-differential equations // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 41(2018), No 4, pp. 1439-1462. Thomson Reuters IF 1.017

[8] Dzhumabaev D.S. New general solutions to linear Fredholm integro-differential equations and their applications on solving the boundary value problems // Journal of Computational and Applied Mathematics, 327(2018), No 1, pp. 79-108. Thomson Reuters IF 1.357

[9] Dzhumabaev D.S. Well-posedness of nonlocal boundary value problem for a system of loaded hyperbolic equations and an algorithm for finding its solution // Journal of Mathematical Analysis and Applications. 461(2018), No 1, pp. 817-836. Thomson Reuters IF 1.064

[10] T. K. Yuldashev, "О разрешимости одной краевой задачи для обыкновенного интегродифференциального уравнения Фредгольма с вырожденным ядром", *Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz.*, **59**:2 (2019), 252–263

[11] N. Kuznetsov, "The floating-body problem: an integro-differential equation without irregular frequencies", *Алгебра и анализ*, **31**:3 (2019), 170–183

[12] V. V. Vlasov, N. A. Rautian, "Properties of solutions of integro-differential equations arising in heat and mass transfer theory", Tr. Mosk. Mat. Obs., **75**, no. 2, MCCME, M., 2014, 219–243; *Trans. Moscow Math. Soc.*, **75** (2014), 185–204

[13] S. K. Zaripov, "A new solution for one-class model integro-differential equations of first order with singularity in the kernel", *Mathematical Physics and Computer Simulation*, **20**:4 (2017), 68–75

[14] Джумабаев Д.С. Об одном методе решения линейной краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. 2010. Т. 50. № 7. С. 1209-1221.

[15] Тлеулесова А.Б. Об однозначной разрешимости двухточечной краевой задачи с импульсным воздействием // Математический журнал. -Алматы, 2004. –Т-4., №4- С.93 – 102

Назарова К. Ж., Усманов К. Ы., Еркишева Ж.С.

Однозначная разрешимость одного частного случая системы интегро-дифференциальных уравнений с импульсными краевыми условиями

Резюме. В статье рассматривается двухточечная краевая задача для интегро-дифференциальных уравнений с импульсными краевыми условиями. Предложен алгоритм нахождения решения задачи на основе метода параметризации. Используя свойства резольвенты интегрального уравнения, уравнение приводится к интегральным уравнениям без производных справа. Далее, с введением новых параметров, задача сводится к системе линейных уравнений и решается специальная задача Коши относительно введенных параметров. Установлено необходимое и достаточное условие однозначной разрешимости двухточечной краевой задачи для системы интегро-дифференциальных уравнений с импульсными граничными условиями .

Ключевые слова: Система интегро-дифференциальных уравнений, метод параметризации, импульсные граничные условия, резольвента.

УДК 004.056.55

R. Ospanov, Ye. Seitkulov
(Gumilyov Eurasian National University, Nur-Sultan, Kazakhstan
E-mail: hamza13@mail.ru, seitkulov_y@enu.kz)

ON THE METHODS OF DESIGNING THE INTERNAL FUNCTION FOR THE SPONGE SCHEME FOR CONSTRUCTING OF CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS

Annotation. This article discusses various approaches to the design of the function underlying the well-known "Sponge" ("cryptographic sponge") scheme for constructing of cryptographic hash functions. A detailed overview of existing methods is given using the example of various cryptographic hash functions. A new version of the function is proposed on the basis of word ring feedback with carry shift registers.

Р.М. Оспанов, Е.Н. Сейткулов
(Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Нур-Султан.
email: hamza13@mail.ru, seitkulov_y@enu.kz)

О СПОСОБАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ХЕШ-ФУНКЦИЙ SPONGE

Аннотация. *В данной статье рассматриваются различные подходы к проектированию функции, лежащей в основе известной схемы построения криптографических хеш-функций "Sponge" ("криптографическая губка"). Дается детальный обзор существующих способов на примере различных криптографических хеш-функций. На основе словарных регистров сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации предлагается новый вариант функции.*

Ключевые слова: *криптография, хеш-функция, Sponge, схема, модификация, шифрование.*

Введение. Криптографическая хеш-функция, как криптографический примитив, является основой для создания эффективных средств криптографической защиты информации для обеспечения информационной безопасности в различных информационных системах. Криптографические хеш-функции используются в огромном количестве приложений, протоколов и

схем, например, защита информации с помощью паролей, цифровые подписи, проверка подлинности сообщений, проверка корректности шифротекста, доказательство знания, генераторы псевдослучайных чисел, функции формирования ключей и другие. В настоящее время существует множество различных схем для построения хеш-функций. Наиболее популярной и перспективной альтернативой стала схема “Sponge” (“криптографическая губка”) [1], [2]. Схема “Sponge” - это простая итерационная схема для построения функции с входом переменной длины и выходом произвольной длины на основе внутренней функции f, являющейся преобразованием фиксированной длины или перестановкой, оперирующей с фиксированным числом b битов. b = r + c. Значение r называется битовой скоростью, а значение c — мощностью. В данной статье рассматриваются различные подходы к проектированию функции f.

Способы проектирования внутренней функции. Основу схемы “Sponge” составляет внутренняя функция $f: Z_{2^b} \to Z_{2^b}$, которая в большинстве существующих реализациях представляет собой перестановку множества Z_{2^b}, как, например, в таких алгоритмах, как Keccak, PHOTON, Quark, SPONGENT, SPN-Hash, GAGE, ORANGISH, KNOT, ACE, Ascon-Hash, CLX, Coral, Esch256, Esch384 (SPARKLE), SYCON, TRIAD, SIV-Rijndael256, SIV-TEM-PHOTON, PHOTON-Beetle, Gimli. Существуют реализации схемы, в которой функция f не является перестановкой, как, например, в таких алгоритмах, как GLUON, SIPHash, SKINNY.

Если функция является перестановкой, то схему называют P-sponge (P(ermutation)-Sponge).

Если функция не является перестановкой, то схему называют T-sponge (T(ransformative)-Sponge).

Несмотря на то, что многие алгоритмы, построенные по схеме “Sponge”, используют перестановки в качестве базового криптографического примитива, разработчики не ограничиваются этим и проводят анализ случая использования не биективной функции. Не существует никакого существенного недостатка в том, чтобы основывать всю схему на функции, не являющейся перестановкой. В работе [1], в которой было введено понятие “sponge” функций, указывается, что различные типы атак на них требуют определенное количество вызовов внутренней функции f в зависимости от ее типа. В работе [2] сформулировано основное требование к функции f. Функция не должна обладать специфическими свойствами, которые могут быть использованы в атаке.

Существуют различные конструктивные подходы к проектированию функции. Наиболее распространенным является подход, при котором используется перестановка, основанная на симметричном блочном алгоритме шифрования с константами в качестве ключа. Так, например, в алгоритме Keccak перестановка построена как итерационный блочный шифр, подобный Noekeon [3] и Rijndael [4], в котором раундовые ключи заменяется некоторыми простыми раундовыми константами. В алгоритме SPONGENT используется перестановка, представляющая собой модифицированную версию блочного шифра PRESENT [5]. В алгоритмах Luffa, JH используется перестановка, основанная на блочном шифре с константами в качестве ключа. В алгоритме PHOTON используется AES-подобная перестановка. В алгоритме Bash используется перестановка, относящаяся к классу симметричных криптографических схем LRX (Logical-Rotation-Xor). В алгоритме ACE используется перестановка, представляющая собой бесключевой блочный шифр Simeck [6] с уменьшенным количеством раундов. В алгоритмах SPN-Hash, GAGE, KNOT, SYCON, Ascon-Hash, Coral используются перестановки, итеративно применяющие раундовые преобразования SPN вида (подстановочно-перестановочные сети). В алгоритмах Esch256, Esch384 (SPARKLE) используются перестановки, основанные на ARX подходе, и тесно связанные с блочным шифром Sparx [7]. В алгоритме Rijndael256-Hash используется перестановка, основанная блочном шифре Rijndael256 [4], в котором ключом является константа 0. В алгоритме SIV-TEM-PHOTON-hash используется перестановка, основанная на блочном шифре TEM-PHOTON [8] с константами в качестве ключа. В алгоритме SKINNY используются перестановки, основанные на семействе настраиваемых (tweakable) блочных шифров [9]. В алгоритмах PHOTON-Beetle, ORANGISH используется AES-подобная 256-битная перестановка PHOTON256 [10]. Среди существующих 256-битных перестановок PHOTON256 одна из самых легких конструкций в литературе. Эта перестановка хорошо изучена и проанализирована, и является частью стандарта в области низкоресурсной криптографии ISO-IEC: 29192-5 [11].

Существуют алгоритмы, в которых проектирование функции основано на использовании симметричных поточных алгоритмов шифрования, применении регистров сдвига с обратной связью.

Так, например, в алгоритме TRIAD используется перестановка, основанная на Trivium [12]-подобном поточном шифре. В алгоритме Quark используется перестановка, основанная на использовании нелинейного регистра сдвига обратной связи NFSR и линейного регистра сдвига обратной связи LFSR, тесно связанная с поточным шифром Grain [13] и блочным шифром KATAN [14]. В алгоритме CLX перестановка основана на использовании нелинейного регистра сдвига обратной связи NFSR. В алгоритме GLUON функция основана на использовании регистра сдвига с обратной связью по переносу (FCSR).

Новый вариант внутренней функции. Далее рассмотрим новый вариант внутренней функции. Предлагаемый способ проектирования основан на использовании словарных регистров сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации аналогично GLUON, но с некоторыми модификациями. Следуя рекомендациям в работе [15], в которой был проведен криптоанализ GLUON-64, увеличивается битовая скорость r. А также используется модифицированный фильтр. Приведенные далее определения, основаны на работах [16], [17], [18], [19], [20].

Далее предполагается, что b кратно r, b= wr, и r = 128, 256, 512.

Определение (словарного регистра сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации).

Словарный регистр сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации состоит из:

1) основного сдвигового регистра;

2) функции обратной связи;

3) регистра переноса.

Сдвиговый регистр – это конечная последовательность w ячеек $m = (m_0, m_1, \ldots, m_{w-1})$, где каждая ячейка предназначена для хранения одного r-битового слова.

Регистр переноса – также конечная последовательность w ячеек $c = (c_0, c_1, \ldots, c_{w-1})$, где каждая ячейка предназначена для хранения одного r-битового слова.

Функция обратной связи определяется следующими соотношениями:

$$m(t+1) = T \cdot m(t) + c(t) mod 2\,,$$

$$c(t+1) = T \cdot m(t) + c(t) \div 2,$$

где T – матрица перехода.

Матрица перехода T – квадратная блочная матрица порядка w с элементами $T(i,j)$, определяемыми следующим образом:

1) для i = 0, …, w-2, $T(i, i+1)$ – единичная матрица порядка r,

2) $T(w-1,0)$– единичная матрица порядка r,

3) для некоторых $i = i_0, \ldots, i_{f-1}$, где $f \leqslant w-1$,

$T(i, j_i)$ – матрица порядка r, представляющая сдвиг вправо или влево или циклический сдвиг вправо или влево на некоторое s количество битов,

4) для остальных j и j $T(i,j)$ – нулевая матрица порядка r.

Например,

$$T = \begin{pmatrix} 0 & I & 0 & RL^2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & I & 0 & 0 & SL^4 \\ 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 \\ 0 & 0 & RR^3 & 0 & I & 0 \\ 0 & SR^1 & 0 & 0 & 0 & I \\ I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

где SL^s- матрица порядка 8, представляющая сдвиг влево на некоторое s количество битов, SR^s - матрица порядка 8, представляющая сдвиг вправо на некоторое s количество битов, RL^s - матрица порядка 8, представляющая циклический сдвиг влево на некоторое s количество битов, RR^s - матрица порядка 8, представляющая циклический сдвиг вправо на некоторое s количество битов, I - единичная матрица порядка 8.

Матрица перехода должна удовлетворять следующим свойствам:

1) $log_2(q) \geqslant b, det(T) \neq 0$,

2) $q = det(I - 2T)$- простое число и порядок 2 по модулю q равен$|q| - 1$.

Алгоритм выбора матрицы перехода [20]:

1) Заполняется матрица $T = (T(i,j))$, $0 \leqslant i,j < w$, следующим образом:

а) для i = 0, …, w-2 $T(i, i+1)$ – единичная матрица порядка r,

б) $T(w-1,0)$ – единичная матрица порядка r,

в) для остальных i и j, $T(i,j)$ – нулевая матрица порядка r.

2) Из номеров 0, …, w-1 выбираем случайным образом номера $i_0,\dots,i_{f-1}$; $j_0,\dots,j_{f-1}$. Из чисел -r/2, …,-1, 1, …, r/2 выбираем случайным образом числа $s_0,\dots,s_{f-1}$.

3) Цикл по l от 0 до f-1:

$$T(i_l,j_l) := T(i_l,j_l) + SL^{s_l}, \text{ если } s_l > 0,$$
$$T(i_l,j_l) := T(i_l,j_l) + SR^{-s_l}, \text{ если } s_l < 0,$$

где SL^{s_l} - матрица порядка r, представляющая сдвиг влево на s_lколичество битов, SR^{-s_l} - матрица порядка r, представляющая сдвиг вправо на s_l количество битов.

Вычисляется число q = det(I – 2T). Если q простое и порядок 2 по модулю q равен $|q| - 1$, то в качестве результата алгоритма возвращается матрица T, в противном случае возвращаемся к шагу 2).

Например, в работе [20]

$$T = \begin{pmatrix}
0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & I & SL^{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & I & 0 & SR^{7} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & SL^{7} & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & SR^{10} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 & SR^{6} & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & SL^{3} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & SL^{8} & 0 \\
SR^{4} & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I & 0 \\
0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & I \\
I & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0
\end{pmatrix}$$

квадратная блочная матрица порядка порядка 16, элементами которой являются квадратные матрицы порядка 32. $|q|$ равен в шестнадцатиричной записи 0x1 596D 63EF BD0C 36EF 147B F B44 F 791 685C A2BB 4832 E9B7 A021 291E 421C C180 0C67 473D 5F F 9 ED90 818A 2B1D AB66 9AB9 7B9A AA50 2A32 D3F 4 7E30 96F E 1382 8781 121D. $log_2(q) = 512{,}432238323$. Порядок 2 по модулю q равен$|q| - 1$.

Внутренняя функция, основанная на словарных регистрах сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации, опредляется следующим образом.

Функция выполняет над входными битами следующие преобразования:

Входные биты определяют начальное значение сдвигового регистра:

$m_0(0), m_1(0), \dots, m_{w-1}(0)$, где $m_i(0)$ – r-битовое слово.

Начальное состояние регистра переноса:

$c_0(0), c_1(0), \dots, c_{w-1}(0)$, где $c_i(0)$– r-битовое нулевое слово.

Следующие значения состояний сдвигового регистра и регистра переноса определяются следующим образом.

Для некоторых $i = i_0,\dots,i_{f-1}$, где $f \leqslant w-1$, определенных в результате генерации матрицы перехода,

$$m_i(t) = m_{i+1}(t-1) + \left(m_{j_i}(t-1) \ll s_{j_i}\right) + c_i(t-1),$$
$$c_i(t) = m_{i+1}(t-1) \cdot \left(m_{j_i}(t-1) \ll s_{j_i}\right) + m_{i+1}(t-1) \cdot c_i(t-1) + \left(m_{j_i}(t-1) \ll s_{j_i}\right) \cdot c_i(t-1).$$

Далее

$$m_{w-1}(t) = m_0(t-1) + \left(m_{j_{w-1}}(t-1) \ll s_{j_{w-1}}\right) + c_{w-1}(t-1),$$
$$c_{w-1}(t) = m_0(t-1) \cdot \left(m_{j_{w-1}}(t-1) \ll s_{j_{w-1}}\right) + m_0(t-1) \cdot c_{w-1}(t-1) + \left(m_{j_{w-1}}(t-1) \ll s_{j_{w-1}}\right) \cdot c_{w-1}(t-1)$$

.

Для остальных i $m_i(t) = m_{i+1}(t-1)$.

Здесь $\ll s$- сдвиг влево на s битов или сдвиг вправо на $|s|$, если $s \leqslant 0$, + - побитовое сложение (XOR), $\cdot$ - умножение по модулю 2^r.

Выполняется итерация D+4 раза, где D – диаметр графа, матрицей смежности которого является матрица T.

Далее выполняется w итераций. В конце каждой итерации выполняется побайтовые замены с помощью таблицы замен, такой как, например, в алгоритме Rijndael, в последовательности слов основного регистра $m_{i_0} \ll s_{i_0}, \ldots, m_{i_{f-1}} \ll s_{i_{f-1}}$ для некоторых для некоторых $i = i_0, \ldots, i_{f-1}$, где $f \leqslant w-1$, определенных в результате генерации матрицы перехода. Затем к преобразованным словам применяется побитовое сложение (XOR), получая в результате r-битовое слово. В конце получается всех w итераций получается b= wr выходных битов.

Последние w итераций представляет собой фильтр, который необходим, поскольку известно, что регистр сдвига с обратной связью по переносу не может быть использован непосредственно для криптографического использования: полученные последовательности обладают хорошими статистическими свойствами и высокой линейной сложностью, но 2-адическая структура может быть легко восстановлена.

Заключение. В данной статье рассмотрены различные способы проектирования внутренней функции, которая лежит в основе перспективной современной схемы построения криптографических хеш-функций “Sponge” (“криптографическая губка”). Наиболее распространенным является подход, при котором используется перестановка, основанная на симметричном блочном алгоритме шифрования с константами в качестве ключа. Существуют алгоритмы, в которых проектирование функции основано на использовании симметричных поточных алгоритмов шифрования, применении регистров сдвига с обратной связью. Предлагается новый вариант внутренней функции, основанный на использовании словарных регистров сдвига с обратной связью по переносу кольцевой конфигурации.

Финансирование. Данная работа выполнена при финансовой поддержке грантового финансирования МЦРИАП, № AP06851124.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Bertoni G., Daemen J, Peeters M., Van Assche G. Sponge Functions. Ecrypt Hash Workshop, 2007.

[2] Bertoni G., Daemen J, Peeters M., Van Assche G. Cryptographic sponge functions. Version 0.1, January 14, 2011, https://keccak.team/files/CSF-0.1.pdf.

[3] Noekeon [Электронный ресурс, дата обращения: 16.04.2020] http://gro.noekeon.org/Bertoni G., Daemen J, Peeters M., Van Assche G. The Keccak reference. SHA-3 competition (round 3), 2011, https://keccak.team/sponge_duplex.html.

[4] Daemen J., Rijmen V. The Design of Rijndael. AES - The Advanced Encryption Standard, Springer-Verlag, 2002.

[5] Bogdanov A., Knudsen L.R., Leander G., Paar C., Poschmann A., Robshaw M.J.B., Seurin Y., Vikkelsoe C. PRESENT: An Ultra-Lightweight Block Cipher. In: Paillier P., Verbauwhede I. (eds.) CHES’07. LNCS, vol.4727, Springer, 2007. - pp. 450–466.

[6] Yang, G., Zhu, B., Suder, V., Aagaard, M. D., Gong, G. The Simeck family of lightweight block ciphers. In CHES(2015), T. Guneysu and H. Handschuh, Eds., Springer, pp. 307–329.

[7] Dinu D., Perrin L., Udovenko A., Velichkov V., Großsch ̈adl J., Biryukov A. Design strategies for ARX with provable bounds: Sparx and LAX. In Jung Hee Cheon and Tsuyoshi Takagi, editors, ASIACRYPT 2016, Part I, volume 10031 of LNCS, Springer, Heidelberg, December 2016. - pp. 484–513.

[8] Bao Z., Guo J., Iwata T., Song L. SIV-TEM-PHOTON Authenticated Encryption and Hash Family, 2019. https://csrc.nist.gov/CSRC/media/Projects/Lightweight-Cryptography/documents/round-1/spec-doc/SIV-TEM-PHOTON-Spec.pdf.

[9] Beierle C., Jean J., K ̈olbl S., Leander G., Moradi A., Peyrin T., Sasaki Y., Sasdrich P., Sim S.M. The SKINNY family of block ciphers and its low-latency variant MANTIS. In Robshaw,M., Katz, J., eds.: Advances in Cryptology - CRYPTO 2016 - 36th Annual International Cryptology Conference, Santa Barbara, CA, USA, August 14-18, 2016, Proceedings, Part II.Volume 9815 of Lecture Notes in Computer Science., Springer, 2016. - pp. 123–153.

[10] Guo J., Peyrin T., Poschmann A. The PHOTON family of lightweight hash functions. In Advances in Cryptology – CRYPTO 2011, Springer Berlin Heidelberg, 2011. - pp. 222-239.

[11] ISO ISO/IEC 29192-5-2016 Information technology - Security techniques - Lightweight cryptography - Part 5: Hash-functions.

[12] De Canni`ere C., Preneel B. TRIVIUM Specifications. eSTREAM, ECRYPT Stream Cipher Project, Report2005/001, 2005. http://www.ecrypt.eu.org/stream.

[13] Hell M., Johansson T., Meier W. Grain - A Stream Cipher for Constrained Environments. ESTREAM, 2005.

[14] De Canniere C., Dunkelman O., Knežević M. KATAN and KTANTAN—a family of small and efficient hardware-oriented block ciphers. In Cryptographic Hardware and Embedded Systems-CHES 2009, Springer Berlin Heidelberg, 2009. - pp. 272-288.

[15] Perrin L., Khovratovich, D. Collision Spectrum, Entropy Loss, T-Sponges, and Cryptanalysis of GLUON-64. Cryptology ePrint Archive, 2014, https://eprint.iacr.org/2014/223.pdf.

[16] Arnault F., Berger T.P., Lauradoux C., Minier M., Pousse B. A new approach for FCSRs. Cryptology ePrint Archive, Report 2009/167, 2009. http://eprint.iacr.org/2009/167.

[17] Arnault F., Berger T.P., Pousse B. A matrix approach for FCSR automata. Cryptography Commun., vol. 3, no. 2, 2011. - pp. 109-139.

[18] Arnault F., Berger T.P., Lauradoux C., Minier M. X-FCSR - a new software oriented stream cipher based upon FCSRs. In INDOCRYPT, volume 4859 of Lecture Notes in Computer Science, 2007. - pp. 341–350.

[19] Arnault F., Berger T.P. Design of new pseudo random generators based on a filtered FCSR automaton. In: SASC, Bruges, Belgium, 2004.

[20] Berger T. P., Minier M., Pousse B. Software Oriented Stream Ciphers Based upon FCSRs in Diversified Mode. In: Roy, B., Sendrier, N. (eds.) INDOCRYPT 2009. LNCS, vol. 5922, Springer, Heidelberg, 2009. - pp. 119–135.

Оспанов Р. М., Е.Н. Сейтқұлов.

«Sponge» криптографикалық хеш функцияларының құру схемасы үшін ішкі функцияны дамыту әдістері туралы.

Түйіндеме. Бұл мақалада «Sponge» («криптографиялық губка») криптографиялық хеш функцияларын құрудың танымал схемасы негізінде функцияны жобалаудың әртүрлі тәсілдері қарастырылады. Қолданыстағы әдістерге егжей-тегжейлі шолу әр түрлі криптографиялық хеш функциялары мысалында келтірілген. Функцияның жаңа нұсқасы сақина конфигурациясының ауыстыру бойынша кері байланысы бар сөздікті ығысу регистрлері негізінде ұсынылады.

Түйін сөздер: криптография, Sponge, хеш-функциясы, сызба, модификация**,** шифрлау

УДК: 539.23, 519.876.5

D.S.Akhmetsadyk[1], M.A. Tulegenova[1], N.R. Guseinov[1], A.M. Ilyin[1], G. Beall[2]
([1]al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan, [2]Texas State University, San Marcos, USA, e-mail: d.akhmetsadyk@gmail.com)

ELECTROPHORETIC DEPOSITION OF FUNCTIONALIZED GRAPHENE NANOSTRUCTURES ON THE SURFACE OF COPPER AND NICKEL

Abstract. This article presents the results of experimental production of functionalized graphene. The method of electrophoretic deposition on the surfaces of copper and nickel foil was demonstrated. Electrophoretic deposition was a two-step process. The first stage - particles suspended in a liquid under the influence of an electric field move to the electrodes. The second stage - particles accumulate on one of the electrodes and form a layer. On copper and nickel foils with a thickness of 100 μm, films of graphene oxide with different growth times were obtained by electrophoretic deposition: 1 sample - t = 1 second, 2 sample - t = 3 seconds and 3 sample - t = 5 seconds. The composition and uniformity of coatings in thickness were studied by x-ray spectral microanalysis.

Key words: graphene, graphene oxide, functionalized graphene, electrophoretic deposition

Д.С.Ахметсадык[1], Н.Р. Гусейнов[1], М.А. Тулегенова[1], А.М. Ильин[1], Г. Билл[2],
([1]Казахский Национальный Университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан, [2]Техасский Государственный Университет, Сан-Маркос, США, e-mail: d.akhmetsadyk@gmail.com)

ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ГРАФЕНОВЫХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ И НИКЕЛЯ

Аннотация. В этой статьи представлены результаты экспериментального получения функционализированного графена. Был продемонстрирован метод электрофоретического осаждения на поверхностях медной и никелевой фольги. Электрофоретическое осаждение представляло собой двухступенчатый процесс. Первая ступень - частицы, взвешенные в жидкости под действием электрического

поля перемещаются к электродам. Вторая ступень - частицы скапливаются на одном из электродов и образуют слой. На медной и никелевой фольгах толщиной 100 мкм, методом электрофоретического осаждения были получены пленки оксида графена с разным временами роста: 1 образец – t = 1 секунда, 2 образец – t = 3 секунды и 3 образец – t = 5секунд. Состав и равномерность покрытий по толщине исследовались методом рентгеноспектрального микроанализа.

Ключевые слова: графен, оксид графена, функционализированный графен, электрофоретическое осаждение

Введение. Известно, что графен представляет собой двумерную гексагональную структуру, состоящую из атомов углерода, связанных между собой электронной конфигурацией sp^2. Графен обладает уникальными механическими, электрическими, тепловыми и барьерными свойствами, благодаря чему графен и его родственные структуры остаются объектом повышенного внимания в различных научных и технических областях [1-4]. Барьерные свойства графена обладают уникальными свойствами из-за инертности графена, что позволяет создать эффективное и долговечное антикоррозионное покрытие.

На сегодняшний день коррозия металлов, таких как медь и никель приносит большие экономические убытки во всех странах мира и является глобальной проблемой человечества.

До сих пор остается нерешенной техническая проблема формирования идеальной бездефектной графеновой пленки большого размера и пригодной для широкого промышленного использования [5], что стимулирует растущий интерес исследователей к материалам, способным заменить графен в технологиях покрытий. Эти технологические трудности можно решить, заменив его на функционализированный графен. Физико-механические свойства функционализированного графена могут практически ничем не уступать свойствам графеновых наноструктур и их получение в крупных масштабах значительно проще. Оксид графена (ОГ) является одним из ярких представителей функционализированного графена. Основным способом получения ОГ является метод Хаммерса. Суть метода заключается в обработке графита сильными окислителями, полученные структуры называются оксидом графита, а после соответствующей обработки их ультразвуком получают оксид графена. Известен ряд работ, в которых в качестве антикоррозионных покрытий на металлах использовались оксиды графена [6-10]. К тому же методика нанесения функционализированных графеновых наноструктур может оказаться в разы проще и дешевле по сравнению с дорогой и непростой технологией синтеза графена на каталитических поверхностях и его переносом. Тем не менее, покрытие графена методом CVD имеет некоторые ограничения, так как в нем используется система высокого вакуума и небольшой размер выборки. Поэтому очень интересно разработать простой и недорогой метод получения оксид-графенового покрытия. Электрофоретическое осаждение (ЭФО) – метод коллоидной обработки, который показал большие перспективы в производстве. В результате экспериментального исследования получается однородное покрытие с хорошей адгезией, которое преодолевает проблемы, связанные с дефектами покрытия.

За последние несколько лет этот метод приобрел значительный интерес в широком ряде новых применений (в передовых керамических материалах, покрытиях для изготовления тонких пленок, многослойных нанокомпозитов, гибридных материалах и т.д). Это очень универсальный, быстрый и недорогой эффективный метод, потому что он может быть легко изменен для конкретных приложений.

Экспериментальная часть

Формирование защитных покрытий на основе функционализированного графена на поверхностях Cu и Ni осуществлялось методом электрофоретического осаждения, который является одним из перспективных методов для осаждения наноструктур с рядом преимуществ, в том числе простота и дешевизна экспериментальной установки, высокая производительность, возможность контроля толщины покрытия и широкий выбор подложек. Электрофоретическое осаждение обычно проводится в двухэлектродной ячейке, где приложенное электрическое поле может быть постоянным или модулированным (рис. 1).

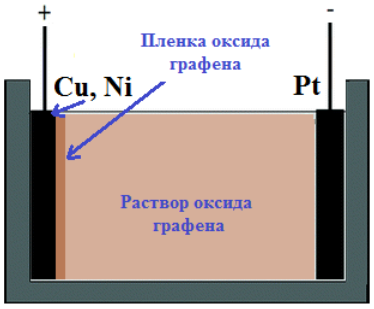


Рис. 1. Схема ячейки для электрофоретического осаждения функционализированных графеновых наноструктур

Электрофоретическое осаждение представляет собой двухступенчатый процесс. Первая ступень - частицы, взвешенные в жидкости под действием электрического поля перемещаются к электродам. Вторая ступень - частицы скапливаются на одном из электродов и образуют слой. Естественно, на частицы в суспензии будет действовать электрическое поле, если они заряжены. В водном растворе (деионизированная вода) оксида графена частицы имеют отрицательный заряд из-за наличия кислородсодержащих групп. В данной работе отрицательный электрод представляет собой платиновую фольгу, а положительный электрод, на котором формируется пленка оксида графена медную и никелевую с приложенным потенциалом 100В. При расстоянии между электродами 1.5 см и концентрации водного раствора оксида 0.1 мг/мл плотность тока была порядка 1 мА/см^2. Для проведения электрофоретического осаждения полученный методом Хаммерса, оксид графена был диспергирован в дистиллированной воде с помощью ультразвука в течение 30 мин до образования полностью однородного раствора. Медные и никелевые электроды размерами 0.8 см на 3.5 см, были предварительно очищены ультразвуком в ацетоне в течение 5 минут с последующим промыванием в изопропиловом спирте (рисунок 2).

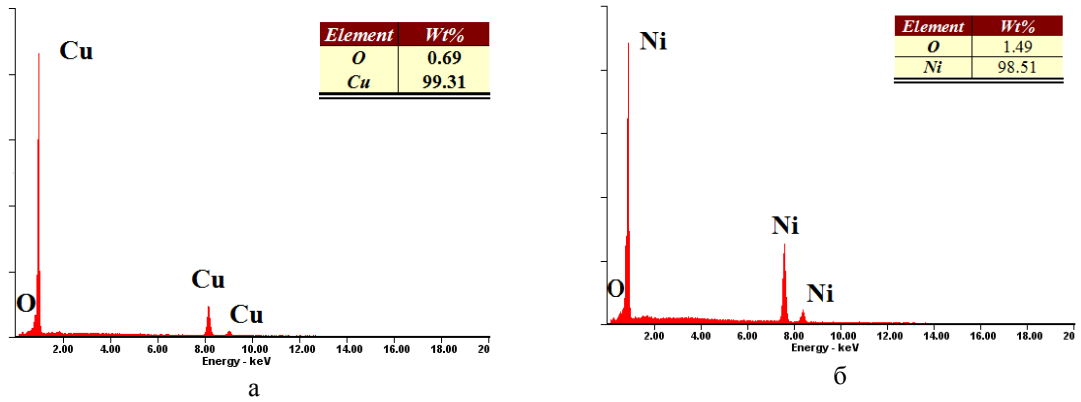


Рис. 2. Элементный состав исходных фольг: а - медь, б - никель.

Далее на медной и никелевой фольгах толщиной 100 мкм, методом электрофоретического осаждения были получены пленки оксида графена с разным временами роста (рисунок 3): 1 образец – t = 1 секунда, 2 образец – t = 3 секунды и 3 образец – t = 5секунд. Исследование однородности покрытий проводилось на сканирующем электронном микроскопе.

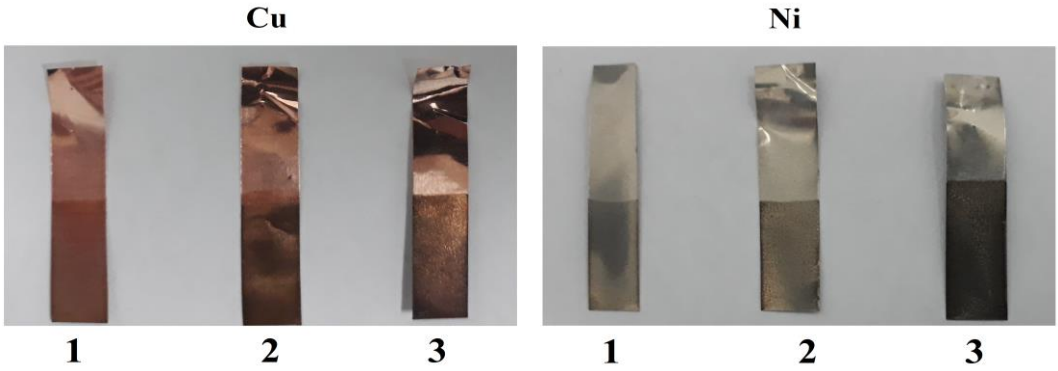


Рис. 3. Фотография медных и никелевых электродов после электрофоретической обработки

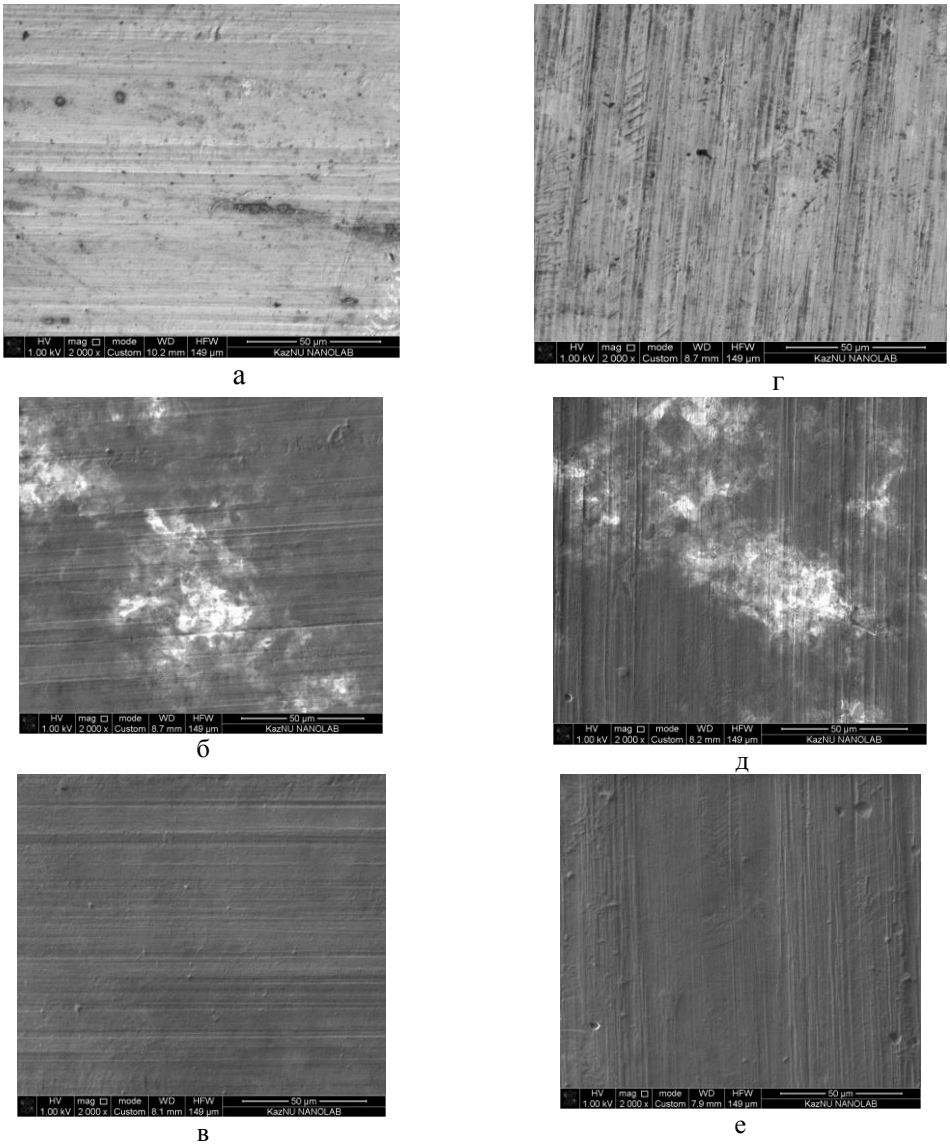


Рис. 4. Электронно-микроскопические снимки образцов до и после покрытий

На рисунке 4 (а, г) представлены микрофотографии поверхности меди и никеля после очистки, наблюдаемые узоры связаны с технологией получения фольг. После одной секунды осаждения, как на медной, так и на никелевой электродах наблюдались области, на которых отсутствует пленка, что говорит о недостаточности времени осаждения (рис. 4 б, д). Образцы, на которые осаждение проводилось t = 3 секунды и более при поддержании прежних параметров роста, покрытия были

сплошными (рис. 4 в, е). Состав и равномерность покрытий по толщине исследовались методом рентгеноспектрального микроанализа. Результаты анализа приведены на рисунке 5. Поскольку пленки достаточно тонкие, то в спектре наблюдаются характерные рентгеновские пики электродов (меди и никеля) и анализ считается полуколичественным. Анализ кривых распределение относительно весового процента элементов вдоль белой линии на рисунке 5 (б, г) позволяет говорить о гомогенности состава и равномерности толщины покрытия для обоих электродов. Толщина покрытия для времени осаждения t = 10 секунд при прежних параметрах процесса составляло около 1 мкм.

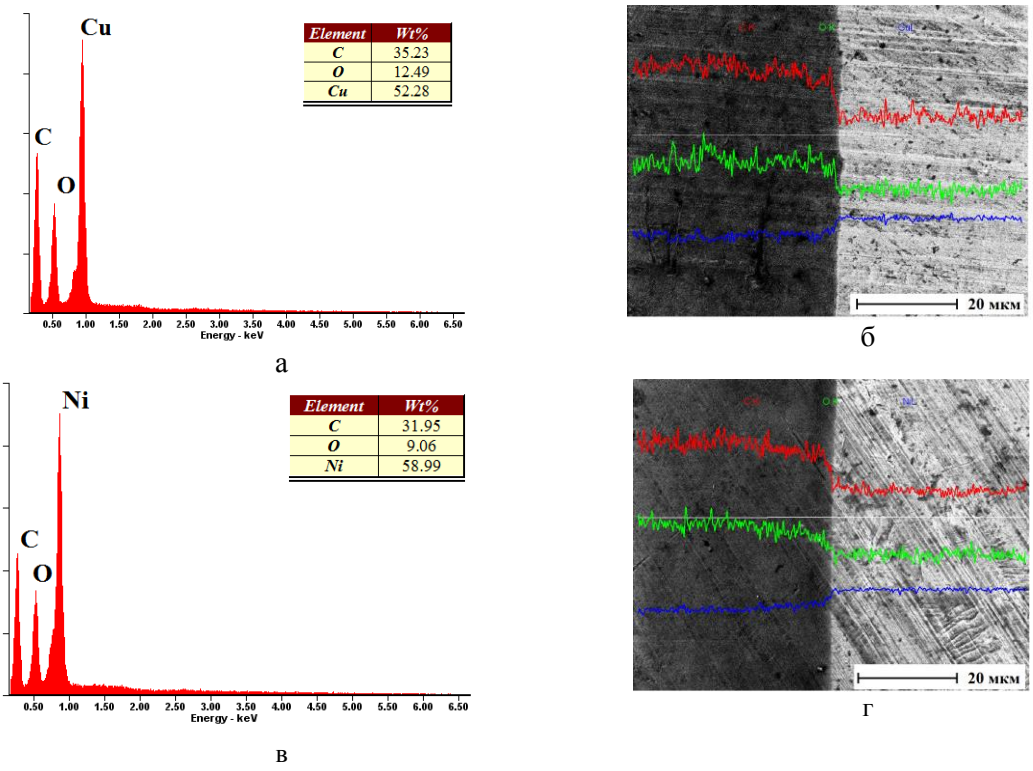


Рис. 5. Элементный анализ покрытий на меди (а) и никеле (в). Профили распределения элементов вдоль горизонтальной линии на меди (б) и никеле (г)

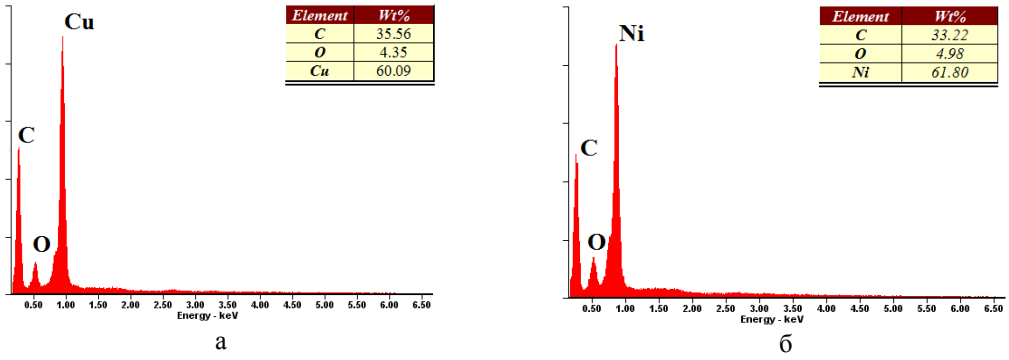


Рис. 6. Элементный состав покрытий после восстановления:
а – на меди, б – на никеле.

После образцы были термически обработаны в проточной трубчатой печи в потоке аргона (чистотой 99,999%) с установленным расходом 50 мл/мин и температуре отжига 300 °С в течение 30 минут. Результаты элементного анализа представлены на рисунке 6. Как можно заметить по сравнению с исходными составами покрытий представленных на рисунке 5 (а, в) произошло

уменьшение уровня кислорода и соответственно восстановление функционализированного графена. Восстановленный функционализированный графен по результатам расчетов методами DFT [11] способен производить коррозионную защиту поверхностей меди, никеля и других материалов.

Выводы. Был продемонстрирован метод электрофоретического осаждения на поверхностях медной и никелевой фольги. Показано, что за время электрофореза порядка нескольких секунд (до 5секунд) можно получить плёнки оксида графена на Cu и Ni фольгах, толщиной 100 мкм. Также установлено, что происходит самоосаждение оксида графена, полученного методом Хаммерса. Полученный оксид графена был диспергирован в дистиллированной воде с помощью ультразвука в течение 30 мин до образования полностью однородного раствора.

Исследование однородности покрытий проводилось на сканирующем электронном микроскопе. Состав и равномерность покрытий по толщине исследовались методом рентгеноспектрального микроанализа. После одной секунды осаждения, как на медной, так и на никелевой электродах наблюдались области, на которых отсутствует пленка, что говорит о недостаточности времени осаждения. Образцы, на которые осаждение проводилось t = 3 секунды и более при поддержании прежних параметров роста, покрытия были сплошными. Анализ кривых распределение относительно весового процента элементов вдоль белой линии позволяет говорить о гомогенности состава и равномерности толщины покрытия для обоих электродов (меди и никеля). Толщина покрытия для времени осаждения t = 10 секунд при прежних параметрах процесса составляло около 1 мкм.

Был проведен элементный анализ. По результатам элементного анализа можно заметить по сравнению с исходными составами покрытий, что произошло уменьшение уровня кислорода и соответственно восстановление функционализированного графена. Восстановленный функционализированный графен способен производить коррозионную защиту поверхности меди и никеля.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Randviir E.P., Brownson D.A.C., Banks C.E. A decade of graphene research: production, applications and outlook // Materials Today. – 2014. – Vol. 17. – № 9 – P. 426-432.

[2] Papageorgiou D.G., Kinloch I.A., Young R.J. Mechanical properties of graphene and graphene-based nanocomposites // Progress in Material Science. – 2017. – Vol. 90. – P. 75-127.

[3] Akinwande D., Brennan C.J., Bunch J.S., et al. A review on mechanics and mechanical properties of 2D materials—Graphene and beyond // Extreme Mechanics Letters. – 2017. – Vol. 13. – P. 42-77.

[4] Gao W., Huang R. Thermomechanics of monolayer graphene: Rippling, thermal expansion and elasticity // Journal of the Mechanics and Physics of Solids. – 2014. – Vol. 66. – P. 42-58.

[5] Yoo, B. M., Shin, H. J., Yoon, H. W. & Park, H. B. Graphene and graphene oxide and their uses in barrier polymers. *J. Appl. Polym. Sci.* 131, 39628 (2014).

[6] D.W.Boukhalov and M.I.Katsnelson. Chemical functionalization of graphene. J.Phys: Condens.Matter 21.344205, (2009).

[7] Y. Su, V. G. Kravets, S. L. Wong, J. Waters, A. K. Geim, & R. R. Nair, Impermeable barrier films and protective coatings based on reduced graphene oxide, *Nature Communications* 5, 4843 (2014).

[8] Joshi, R. K. *et al.* Precise and Ultrafast molecular sieving through graphene oxide membranes. *Science* 343, 752–754 (2014).

[9] Kim, H. W. *et al.* Selective gas transport through few-layered graphene and graphene oxide membranes. *Science* 342, 91–95 (2013).

[10] Li, H. *et al.* Ultrathin molecular sieving graphene oxide membranes for selective hydrogen separation. *Science* 342, 95–98 (2013).

[11] Tulegenova M., Ilyin A., Beall G., and Guseinov N. Anticorrosive coatings based on few-layer graphene // Journal of Materials Science and Engineering B – 2018. – Vol. 8. – P. 179-184.

Д.С.Ахметсадык, Н.Р. Гусейнов, М.А. Тулегенова, А.М. Ильин, Г. Билл

Мыс мен никель бетіндегі функционалды графен наноқұрылымдарын электрофоретикалық тұндыру

Түйіндеме. Бұл мақалада функционалды графеннің тәжірибелік өндірісінің нәтижелері келтірілген. Мыс пен никель фольгасының беттерінде электрофоретикалық тұндыру әдісі көрсетілді. Электрофоретикалық тұндыру екі сатылы процесстен тұрады. Бірінші кезең - электр өрісінің әсерінен сұйықтықта тоқтаған бөлшектер электродтарға ауысады. Екінші кезең - бөлшектер электродтардың біріне жиналып, қабат түзеді. Мыс пен никель фольгаларында қалыңдығы 100 мкм болатын электрофоретикалық тұндыру арқылы әр түрлі өсу уақыты бар графен оксидінің үлдірлері алынды: 1 үлгі - t = 1 секунд, 2 үлгі - t = 3 секунд және 3 үлгі - t = 5

секунд. Қалыңдығы бойынша жабындардың құрамы мен біркелкілігі рентгендік спектралды микроанализ арқылы зерттелді.

Түйін сөздер: графен, графен оксиді, функционалды графен, электрофоретикалық тұндыру

D.S.Akhmetsadyk[1], N.R. Guseinov[1], M.A. Tulegenova[1], A.M. Ilyin[1], G. Beall[2],

Electrophoretic deposition of functionalized graphene nanostructures on the surface of copper and nickel

Summary. This article presents the results of experimental production of functionalized graphene. The method of electrophoretic deposition on the surfaces of copper and nickel foil was demonstrated. Electrophoretic deposition was a two-step process. The first stage - particles suspended in a liquid under the influence of an electric field move to the electrodes. The second stage - particles accumulate on one of the electrodes and form a layer. On copper and nickel foils with a thickness of 100 μm, films of graphene oxide with different growth times were obtained by electrophoretic deposition: 1 sample - t = 1 second, 2 sample - t = 3 seconds and 3 sample - t = 5 seconds. The composition and uniformity of coatings in thickness were studied by x-ray spectral microanalysis.

Key words: graphene, graphene oxide, functionalized graphene, electrophoretic deposition.

УДК 512.62+004.021

U.K. Turusbekova
(Kazakh University of Economics, Finance and International Trade,
E-mail: umut.t@mail.ru)

RESEARCH OF HASH FUNCTIONS BASED ON POLYNOMIALS OVER A FINITE FIELDS

Abstract. Hash functions are used as a building block in many applications. The main problem with using hash functions is that the existence of irreversible functions that exclude the possibility of collisions has not been proven. In addition, there are no universal hashing methods, and they should be selected depending on their area of application. A special role is played by complexity-theoretical problems, namely, algebraic number theory. One of these problems is the search for irreducible polynomials of a given degree over a finite field, which can be used to search for message hash codes. Using the properties of irreducible polynomials allows you to maximize the effective computer implementation of arithmetic in finite fields, which is of particular importance for cryptography and coding theory.

This article describes a method for constructing hash functions based on irreducible polynomials over finite fields. In addition, the problem of searching for irreducible polynomials is considered. Computer modeling of hash functions using irreducible polynomials over finite fields has been performed. The results of using various irreducible polynomials and their analysis are presented. The results of the article can be used in cryptographic applications and coding theory.

Key words: irreducible polynomial, Hash function, finite field, redundant cyclic code, collision.

У.К. Турусбекова
(Казахский университет экономики, финансов и международной торговли,
E-mail: umut.t@mail.ru)

ИССЛЕДОВАНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОЧЛЕНОВ НАД КОНЕЧНЫМИ ПОЛЯМИ

Аннотация. Хеш-функции используются в качестве строительного блока во многих приложениях. Основная проблема использования хеш-функций заключается в том, что существование необратимых функций, исключающих возможность столкновений, не доказано. Кроме того, не существует универсальных методов хеширования, и их следует выбирать в зависимости от области их применения. Особую роль играют теоретико-сложностные проблемы, а именно алгебраическая теория чисел. Одной из таких проблем является поиск неприводимых многочленов заданной степени над конечным полем, которые можно использовать для поиска хеш-кодов сообщений. Использование свойств неприводимых многочленов позволяет максимизировать эффективную компьютерную реализацию арифметики в конечных полях, что имеет особое значение для криптографии и теории кодирования.

Настоящая статья посвящена описанию метода построения хеш-функций на основе неприводимых многочленов над конечными полями. Кроме того, рассмотрена проблема поиска неприводимых многочленов. Выполнено компьютерное моделирование хеш-функций с использованием неприводимых многочленов над

конечными полями. Представлены результаты использования различных неприводимых многочленов и их анализ. Результаты статьи могут быть использованы в криптографических приложениях и теории кодирования.

Ключевые слова: неприводимый многочлен, Хеш-функция, конечное поле, избыточный циклический код, столкновение.

Введение. Хеш-функции применяются к ценным конфиденциальным данным, доступ к которым могут получить только определенные лица. Такие данные чаще всего представлены в виде текста или последовательности символов. Следует отметить, что при незначительных изменениях во входных данных результат хеш-функции должен полностью измениться, то есть иметь лавинный эффект, чтобы гарантировать, что данные не могут быть фальсифицированы незначительными изменениями. Эта хеш-функция также позволяет использовать их в следующих случаях: для поиска дубликатов в наборе данных; построение ассоциативных массивов; расчет контрольных сумм для последующего выявления и исправления ошибок, возникших при передаче или хранении данных; разработка электронной цифровой подписи; для сохранения паролей в базах данных.

Разработка качественной хеш-функции является сложной задачей. При разработке алгоритмов хеширования следует учитывать уязвимость хеш-функций. Степени набора входных последовательностей и множества всех возможных значений хеш-функции можно найти в любом соотношении. Как правило, набор входных данных имеет большую размерность, чем количество всех возможных значений функции, что приводит к преобразованию различных сообщений в один хеш. Такой случай называется «столкновением» (или «коллизией») и является одним из важных факторов, который учитывается при построении алгоритмов хеширования в криптографических системах [1], а также во многих структурах данных, таких как хеш-таблицы [2].

На данном этапе развития теории хеширования до сих пор нет четкого определения понятия хеш-функции и точных требований к их построению. Общие требования, которым должны соответствовать хеш-функции, это - необратимость (невозможно создать алгоритм с полиномиальной вычислительной сложностью, который восстанавливает исходные данные в реальном времени), устойчивость к столкновениям, высокая скорость вычислений и наличие лавинного эффекта (с небольшим изменением во входных данных результат должен существенно отличаться). В зависимости от приложения к хеш-функции предъявляются дополнительные требования, такие как сложность вычислений, длина свертки и криптографическая стабильность.

Основная проблема использования хеш-функций заключается в том, что существование необратимых функций, исключающих возможность столкновений, не доказано. Кроме того, не существует универсальных методов хеширования, и их следует выбирать в зависимости от области их применения. На практике используются функции, для которых теоретическая вероятность столкновений близка к нулю, но с появлением более мощных вычислительных устройств поиск столкновений может оказаться не такой сложной задачей. По этой причине существующие алгоритмы требуют постоянного улучшения. В работе [3] в хронологическом порядке развития приведены основные принципы построения алгоритмов хеширования. Особую роль играют теоретико-сложностные проблемы, а именно алгебраическая теория чисел [4]. Одной из таких проблем является поиск неприводимых многочленов заданной степени над полем k_p или $Gk(p)$, которые можно использовать для поиска хеш-кодов сообщений. В статье рассматривается проблема поиска неприводимых многочленов, а также метод хеширования, основанный на вычислении остатка от деления на неприводимый многочлен.

Арифметика конечных полей

Теория конечных полей и теория многочленов над конечными полями, все больше влияют на построение различных систем защиты информации, кодирования и декодирования информации. В частности, появились алгоритмы для циклических избыточных кодов [5], которые используют многочлены над полями k_p. Циклические избыточные коды могут использоваться в качестве хеш-функций для обнаружения ошибок и проверки целостности данных.

Поскольку конечное поле является множеством с конечным числом элементов, операции сложения, вычитания, умножения и деления могут выполняться в соответствии с аксиомами поля [6]. Так как конечные поля являются замкнутыми относительно вышеупомянутых операций, то для любых двух элементов поля $a,b \in k_p$, при выполнении любой из операций, результатом является элемент $c \in k_p$, принадлежащий этому полю. Следует иметь в виду, что все вычисления в конечных

полях производятся по модулю p, который является характеристикой конечного поля и является простым числом.

Простейшим примером конечного поля является кольцо классов вычетов $Z/(p)$ по модулю простого числа p, которое можно отождествить с полем Галуа $k_p = Gk(p)$ порядка p [6]. Согласно теореме о существовании и единственности конечных полей для любого простого числа p и натурального числа n существует конечное поле из p^n элементов. Чтобы построить поле k_{p^n}, необходимо найти многочлен $S(x)$ степени n, неприводимый над полем k_p. Такое поле представлено многочленами над k_p степенью не выше $n-1$.

В компьютерной криптографии многочлены, особенно неприводимые многочлены, играют значительную роль в последние два десятилетия. Напомним, что *неприводимый многочлен* - это многочлен, который не разлагается на нетривиальные многочлены и является аналогом простых чисел в натуральном ряду. Особенностью неприводимых многочленов является то, что, будучи неприводимым в одной области, многочлен оказывается приводимым в другой области, что нашло применение в теории кодирования и системах защиты информации.

Поиск неприводимых многочленов является сложной для вычисления задачей, особенно над полями большой размерности. Процедура нахождения неприводимых многочленов требует эффективных алгоритмов и больших вычислительных ресурсов, как в случае нахождения простых чисел [7], что является основной проблемой для построения эффективных алгоритмов хеширования на их основе. На данный момент нет эффективных алгоритмов поиска неприводимых многочленов, есть только критерии неприводимости и методы проверки неприводимости. Поиск осуществляется путем изучения мульти-тел и проверки каждого из них на неприводимость. Для проверки многочлена $S(x)$ степени $n \geq 2$ на неприводимость над полем характеристики p существует следующий алгоритм [8], [9]:

1) Инициализируется начальное значение многочлена $G_0(x) = x$.

2) Рассчитывается следующее значение $G_1(x) = G_0(x)^p \bmod S(x)$.

3) Рассчитывается наибольший общий делитель (НОД) многочленов $S(x)$ и $(G_1(x) - x)$. Если НОД не равен единице, то этот многочлен приводим. В противном случае, следующее значение рассчитывается по формуле повторения $G_i(x) = G_{i-1}(x)^p \bmod S(x)$, где $i = \overline{1, \lfloor n/2 \rfloor}$, $\lfloor\ \rfloor$- операция взятия целой части числа.

4) Если НОД $S(x)$ и каждого $(G_i(x) - x)$ равен единице, то многочлен $S(x)$- неприводим.

Недостатком такого алгоритма является низкая скорость вычислений для достаточно больших значений, поскольку на каждом шаге выполняется операция увеличения и нахождения НОД.

Для вычислений в конечных полях используется полиномиальная арифметика. Сложение в поле k_{p^n} соответствует обычному сложению многочленов по модулю p. Умножение выполняется в два этапа - сначала как простое умножение многочленов, а затем вычисляется остаток от деления на неприводимый многочлен, с помощью которого строится поле k_{p^n}. Например, поля одной и той же размерности могут быть построены по-разному, в зависимости от выбора неприводимого многочлена. Они одного порядка и изоморфны друг другу. Это следует из того факта, что для характеристики p поля имеется несколько неприводимых многочленов степени n. Примеры неприводимых многочленов для поля k_2 приведены в таблице 1 [10]:

Таблица 1. **Неприводимые многочлены над полем характеристики 2**

Степень	Неприводимые многочлены
2	$x^2 + x + 1$
3	$x^3 + x^2 + 1,\ x^3 + x + 1$
4	$x^4 + x^3 + x^2 + x + 1,\ x^4 + x^3 + 1,\ x^4 + x + 1$
5	$x^5 + x^2 + 1,\ x^5 + x^3 + x^2 + x + 1,\ x^5 + x^4 + x^3 + x + 1,$ $x^5 + x^4 + x^3 + x^2 + 1,\ x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$

Моделирование хеш-функций на основе неприводимых многочленов

Одним из возможных способов построения хеш-функции является использование деления по модулю неприводимого многочлена [4]. Для эффективности компьютерной реализации удобно использовать вычисления в полях k_{2^r}. Это позволяет производить расчеты по данным в виде последовательности битов. Поиск оставшейся части деления осуществляется с использованием побитовых сдвигов и разделительной дизъюнкции.

Для хеширования данные кодируются некоторым выбранным способом в последовательности $a_1, a_2, ..., a_m$ нулей и единиц, соответствующих определенному многочлену $A(x)$, а хеш-код $h(a_1, a_2, ..., a_m)$ представляет собой последовательность битов, полученных делением на неприводимый многочлен $S(x)$, и вычисляется по следующим формулам:

$$B(x) = A(x) \bmod S(x) \tag{1}$$

$$h(a_1, a_2, ..., a_m) = b_n b_{n-1} .. b_1 b_0 \tag{2}$$

В формуле (2) $b_n b_{n-1} .. b_1 b_0$ - это коэффициенты многочлена $B(x)$, полученные как остаток от деления многочлена $A(x) = a_1 x^{m-1} + a_2 x^{m-2} + ... + a_{m-1} x + a_m$ на многочлен $S(x) = s_n x^n + s_{n-1} x^{n-1} + ... + s_1 x + s_0$ степени *n*.

Такая функция устойчива к восстановлению исходных данных, поскольку, даже зная размерность поля и используемый неприводимый многочлен, трудно расшифровать данные, особенно для больших степеней неприводимого многочлена. Неприводимые многочлены следует выбирать на основе области действия хеш-функций, так как длина свертки равна степени многочлена. Итак, для применения в системах защиты информации на данный момент оптимальная длина составляет не менее 128 бит и не более 512 бит. Использование многочлена достаточной размерности играет существенную роль. Если выбран многочлен степени *l*, то множество всех возможных значений, которые может принять свертка функции, равно 2^l. Например, при использовании неприводимого многочлена $S(x) = x^4 + x + 1$ количество всех возможных пакетов будет 16, и поиск сообщений с одинаковыми свертками не составит труда.

Компьютерное моделирование хеш-функций проводилось на основе неприводимых многочленов степени 32 с разным количеством одночленов. В результате анализ эффективности хеширования проводится с использованием каждого из многочленов. Важным фактором при выборе неприводимого многочлена является количество в нем одночленов. Для более высокой скорости вычислений желательно найти многочлены с минимальным количеством одночленов. Для сравнения результатов хеширования были выбраны многочлены с 5, 12 и 18 одночленами. Скорости вычислений для сверток входных данных различной длины и использования различных неприводимых многочленов одинаковой степени приведены в таблице 2. Неприводимые многочлены были записаны в двоичном представлении, представляющем собой последовательность коэффициентов при одночленах. Коэффициент наибольшей степени здесь не учитывается. Например, для многочлена $S(x) = x^4 + x + 1$ будет верным равенство $x^4 = x + 1$, так как операция вычитания аналогична добавлению по модулю 2. Напишем многочлен в виде $x^4 = 0 \cdot x^3 + 0 \cdot x^2 + 1 \cdot x^1 + 1 \cdot x^0$, поэтому в двоичном представлении многочлен будет записан как 0011, а количество бит для его записи равно степени многочлена.

Таблица 2. **Скорость расчета свертки с использованием неприводимых многочленов степени 32**

№	Неприводимые многочлены	Длина последовательности, бит		
		64	256	512
11	00000000010000000000000000000111	1,1	1,8	2,2
22	10000001010000010100000110101011	1,9	2,1	2,5
33	01110100000110111000110011010111	2,1	3,6	4,9

На первый взгляд разница в скорости вычислений невелика, но, при обработке объемов данных от 1 МБ или более, разница между вычислениями может составлять один час или более. Этот метод хеширования эффективен для применения небольших объемов данных в пределах нескольких килобайт. Таблица 3 показывает результаты хеширования неприводимыми многочленами из таблицы 1 для произвольной 64-битной строки и для той же строки с небольшими изменениями для проверки лавинного эффекта и свойства смешения.

Таблица 3. **Результаты применения хеш-функций на основе неприводимых многочленов степени 32**

Исходная битовая последовательность	Неприводимые многочлены		
	1	2	3
0110001100111001	11010011	01000110	01010111
0001110000011111	11101101	00001100	11011111
1110000011001000	01000000	01101101	00101111
0110110100011111	00001110	01100110	01001100
0110001100111001	11010000	01010010	11110010
0010110000011111	11101101	00000101	00010011
1110000011001000	11010000	00100010	11101010
0110110100011111	00101010	10110110	01001010

Функции, реализованные на основе рассматриваемых многочленов, обладают свойством перемешивания. Это означает, что нет никакой связи между сверткой и исходными данными. Поскольку при незначительном изменении исходных данных результат хеширования должен значительно измениться, в исходной битовой последовательности 19-й и 20-й биты были изменены для проверки соответствия этому свойству. На основании результатов, приведенных в таблице 2, наилучшим лавинным эффектом обладают функции, основанные на многочленах с большим количеством одночленов. Стоит отметить, что, несмотря на небольшую степень приведенных выше многочленов, хеш-функции на их основе имеют некоторое сопротивление столкновениям. При сортировке пачек, полученных обработкой данных в объеме 1000, 5000, 10000 и 30000, коллизий обнаружено не было, хотя это не может гарантировать их отсутствие на больших объемах.

Рассматриваемый метод хеширования подходит для битовых последовательностей, которые могут быть представлены многочленом более высокой степени, чем степень выбранного неприводимого многочлена. Меньшие последовательности должны быть дополнены функцией. В большинстве существующих алгоритмов хеширования добавление к требуемой длине выполняется путем добавления к последовательности одного бита и битов нулей. Кроме того, желательно добавить в последовательность ее первоначальную длину, что уменьшит вероятность столкновения после добавления. Использование остатка от деления на неприводимый многочлен может служить отдельной хеш-функцией и используется в сочетании с другими алгоритмами для улучшения определенных свойств. Также хеш, найденный этим методом, может быть использован в качестве криптографической соли.

Заключение. Было показано, что целесообразно использовать неприводимые многочлены достаточно больших степеней. Многочлены, состоящие из небольшого числа одночленов, позволяют находить свертки для меньшего числа операций. Однако многочлены с большим числом одночленов улучшают лавинный эффект хеш-функции. Оба имеют одинаковое сопротивление столкновениям. Неприводимый многочлен должен быть выбран на основе требуемых свойств хеш-функции. Чтобы усилить криптографическую стойкость и улучшить лавинный эффект, необходимо выбрать неприводимые многочлены степени 128 и выше с максимально возможным количеством одночленов. В случаях, когда хеш-функция используется в системах, требующих высокой скорости вычислений, рекомендуется использовать неприводимые многочлены с минимальным количеством одночленов.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Шнайер Б. Прикладная криптография: протоколы, алгоритмы, исходные тексты на Си. - М.: Триумф.- 2002.- 816 с.

[2] Sedgewick R. Algorithms in C++, Parts 1-4: Fundamentals, Data Structure, Sorting, Searching. - 3rd ed.- 1988.-752 p.

[3] Авезова Я.Э. Современные подходы к построению хеш-функций на примере финалистов конкурса SHA-3 // Вопросы кибербезопасности.- 2015.- №3(11).-с.60-67.

[4] Хомич Э. А. Неприводимые многочлены над конечными полями и связь с криптографией // Academic Publicistics.- 2017.-№3.- с. 19-22.

[5] Henry S. Warren, Jr. Hacker's Delight. - 3rd ed.- 2013.- 816 p.

[6] Лидл Р., Нидеррайтер Х. Конечные поля. - в 2 т. / пер. с англ. М.: Мир.- 1988.- Т.1.- 430 с.

[7] Turusbekova U.K., Azieva G.T. Investigation of irreducible normal polynomials special type over a field of characteristic 2 // Вестник КазНПУ им. Абая, серия «Физико-математические науки».-2019.- №3(67).-с.122-127.

[8] Крэндалл Р., Померанс К. Простые числа. Криптографические и вычислительные аспекты. - М.: УРСС, Либроком, 2011.- 664 с.

[9] Горбенко И.Д., Штанько И.А. Функции хеширования. Понятия, требования, классификация, свойства и применение // Радиоэлектроника и информатика. - 1998. - №1.-С.64-69.

[10] Sankhanil Dey, Amlan Chakrabarti, Ranjan Ghosh. 4-bit crypto S-boxes: Generation with irreducible polynomials over Galois field GF(24) and cryptanalysis // International Journal of Tomography & Simulation. – 2019.- V.32, no.3.- P.46-60.

Тұрысбекова Ү.Қ.

Ақырлы өрістердегі көпмүшеліктер негізінде хеш - функцияларды зерттеу

Түйіндеме. Хэш функциялары құрылыстық блок ретінде көптеген қосымшаларда қолданылады. Хеш - функцияларын қолданудағы негізгі мәселе соқтығысулар мүмкіндігін жоққа шығаратын қайтымсыз функциялардың болуының дәлелденбенуі болып табылады. Ұсынылған мақалада ақырлы өрістерде келтірілмейтін көпмүшеліктерге негізделген хеш - функцияларды құру әдісі сипатталған. Сонымен қатар, келтірілмейтін көпмүшеліктерді іздеу мәселесі қарастырылады. Ақырлы өрістерде келтірілмейтін көпмүшеліктерді қолдана отырып, хеш - функцияларды компьютерлік модельдеу жүргізілді. Әр түрлі келтірілмейтін көпмүшеліктерді қолдану нәтижелері және оларды талдау келтірілген. Мақаланың нәтижелерін криптографиялық қосымшалар мен кодтау теориясында қолдануға болады.

Түйін сөздер: келтірілмейтін көпмүшелік, хеш - функция, ақырлы өріс, артық циклдік код, соқтығысу.

УДК 004.6/004.65

R.K. Uskenbaeva, A.A. Kuandykov, S. Nuralykyzy
(International University of Information Technologies,
Almaty, The Republic of Kazakhstan. abu.kuandykov@gmail.com, nuralykyzy.s@gmail.com)

DEVELOPMENT OF METHODS FOR PROCESSING COMMENTS FOR MAKING DECISION IN BUSINESS PROCESSES

Summary. In this article describes the possibilities of data processing and immediate decision-making due to the development of technological communications based on the Internet, proves the improvement of the functionality of organizational and technical activities and describes the work of business processes, which determines the involvement of students and teachers in the discussion.

The main direction of this article is the heuristic development of business models of a modern innovative higher educational institution and the creation of a system that allows you to process subjective data and make decisions based on them automatically.

Keywords: business processes; analysis algorithm; calculation of tonality indicators; set time period; business process optimization; automation of university business processes; organizational effectiveness; optimization of opinions, surveys and questionnaires; forecasting the result, semantic analysis of the text; analysis of tonality of the text.

Р.К. Ускенбаева, А.А. Куандыков, С. Нуралыкызы
(Международный университет информационных технологий,
Алматы, Республика Казахстан. abu.kuandykov@gmail.com, nuralykyzy.s@gmail.com)

РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ КОММЕНТАРИЕВ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ

Аннотация. Для того, чтобы находиться в числе перспективных образовательных услуг, университеты должны и обязаны сокращать расходы, но при этом повышать качество образования. Это требует создания новых бизнес-процессов и методов их выполнения.

Максимальная эффективность образовательной деятельности университета может быть достигнута:

- при совершенствовании бизнес-процессов ВУЗа во всех направлениях: горизонтальном и вертикальном;

- при увеличении производительности труда и изменении структурной организации высших учебных заведений.

Кроме того, наиболее перспективным бизнес-процессом университета, является создание учебно-научных комитетов, которые улучшая кадровый потенциал отдельно взятых кафедр, смогут создать синергетический эффект, улучшающий организационную деятельность ВУЗа.

Статья описывает возможности обработки данных и незамедлительное принятие решений благодаря развитию технологических коммуникаций на основе сети Интернет, доказывает улучшение функциональности организационно-технической деятельности и описывает работу бизнес-процессов, что обуславливает вовлечение обучающихся и преподавателей в состав обсуждения.

Основное направление данной статьи – это эвристическое развитие бизнес-моделей современного инновационного высшего учебного заведения и создания системы, позволяющей обрабатывать субъективные данные и автоматизированно, на их основе, принимать решения.

Ключевые слова: бизнес-процессы; алгоритм анализа; вычисления показателей тональности; заданный период времени; оптимизация бизнес-процессов; автоматизация бизнес-процессов ВУЗа; организационная эффективность; оптимизация мнений, опросов и анкет; прогнозирование результата, семантический анализ текста; анализ тональности текста.

1. Введение

Бизнес-процессы, связанные с обработкой общественного мнения и различных комментариев в сети Интернет – это ключевая задача для создания и разработки платформ и систем с искусственным интеллектом. Долгое время сложность и необходимость не учитывалась современными технологиями.

Поначалу системы с искусственным интеллектом могли лишь собирать информацию: казалось, что невозможно заставить компьютерную машину провести семантический анализ и анализ тональности текста самостоятельно. Однако со временем, как показала практика, оказалось, что используя специальный программной код, можно обучить программу некому «здравому смыслу» и расширить её функционал до анализа текста за определённый период времени.

Рассмотрим, как происходит обработка мнений. Основным ограничением в работе была невозможность многозадачности. То есть искусственный интеллект не всегда мог понять лексические выражения одного и того же слова в разных написаниях. Все это создавало большие проблемы для распознавания смысла, который автор вложил в текст. Миварные технологии позволили устранить эти проблемы и создать более продвинутые технологии.

Миварная технология – это семантический граф содержащий в себе цепочку понятий «Вещь-Свойство-Отношение». Такая технология дала в свою очередь возможность системам и платформам автоматического анализа мнений и прогнозирования результата.

Функции системы автоматического анализа мнений и прогнозирования результатов обсуждения следующие:

- создание бизнес-моделей по загруженным комментариям;

- управление бизнес-моделями (редактирование опросов и анкет, объединение мнений, добавление, удаление);

- эксплуатация (консультирование пользователя по любой предметной области);

- определение текста и распознавание его.

Практическое применение технологий анализа обсуждения таковы. На базе миварных технологий специалисты разрабатывают различные платформы, примером является голосовой помощник компании Яндекс – Алиса. Она предназначена для создания нескольких классов продуктов

– “Виртуальных консультантов” (для организаций и проектов) и “Персональных ассистентов” (для сайтов, а также веб-порталов, объединяющих различные сервисы). Предназначение интеллектуальной системы схоже с тем, что мы будем использовать для учета мнений учащихся и преподавателей. Система распознает текстовые сообщения, проводит анализ тональности текста и выдает свой ответ, который может показать, каким тоном был задан вопрос голосовому помощнику.

Система позволяет использовать искусственный интеллект для семантического поиска ответов и анализа комментариев и текста в любой предметной области, которой обучаются в университете. Главное преимущество такого искусственного интеллекта является его самообучаемость, то есть возможность накапливать знания. Такой вид называется «Виртуальный Ассистент».

Существуют и персональные помощники – обычно интеллектуальная система располагается на веб-сайтах и порталах. «Персональный помощник» так же, как и «Виртуальный Ассистент» реализуется в виде всплывающего окна, где любой пользователь, попавший на сайт, может задать вопрос по тематике сайта, о его использовании и об услугах, которые он предоставляет. Помощник собирает данные о проблемах сайта, мнение пользователей о его функциональности и о том, что необходимо улучшить и выдает проанализированную информацию администратору сайта в одном или нескольких предложениях.

Развитие бизнес-процессов для улучшения и автоматизации работы университетов идет уже несколько лет. Реализуется анализ сообщений в многочисленных социальных сетях, где студенты публикуют информацию о предметах, задачах и т.д. На примере нашего университета, так же можно создать автоматическую систему учета и анализа мнений студентов и преподавателей. Система может учитывать все мнения с определенного опроса или анкетирования, и принимать моментальные решения для достижения поставленной университетом цели. Анализ мнений, учащихся и преподавателей позволяет выявить недостатки или достоинства учебного процесса, работы самого учебного заведения и других процессов университета, что в свою очередь оказывает влияние на принятие решений об улучшении тех или иных показателей.

В последние годы во всем мире ведутся разработки систем автоматического анализа мнений в различных сферах бизнеса и в них используется информация как с форумов и блогов, так и с обзоров и чатов. Примером может послужить система Sentiment Metrics, которая, в результате анализа тональности и семантики текста на выходе дает пользователю один или несколько вариантов развития событий и оценочных терминов, к которым так же прилагается карта оценки. Кроме того, система умеет выдавать коэффициент положительных комментариев, извлеченных из опроса или анкеты. Пользователь программы/системы может отслеживать динамику появления новой информации и изменение автоматически принятого решения.

Основой функционирования системы автоматического анализа мнений является словарь, составленный с учетом той или иной организации, где основным компонентом является лингвистическая онтология. Функционирование систем автоматического анализа мнений основывается на двух основных группах: алгоритмы распознавания тональности текста и семантического анализа текста.

Ниже мы рассмотрим основные этапы создания и структуру лингвистической онтологии и грамматики, на которой строится практически весь функционал системы анализа мнений. На первом этапе мы получаем результат опроса или анкету, содержащие мнение пользователя, затем система проводит ряд анализов (семантический и анализ тональности). На втором этапе мы получаем один или несколько вариантов возможных развитий событий и, при необходимости, среднюю оценку, например, качества образования в университете.

2. Лингвистическая онтология и грамматика

Онтология – это система понятий определенной предметной области, в нашем случае предметной областью является деятельность университет [1]. Структура онтологии имеет следующий вид:

1. Корпус текстов, который принадлежит предметной области;

2. Извлечение слов, предназначенных для работы системы из корпуса текстов;

3. Анализ извлеченных слов и текстов для определения возможных ошибок в распознавании текста и его обработки.

К нашей онтологии относятся две категории: семантические термины и синтаксические термины. Семантика определяет термины, выражающие положительную и отрицательную отзывы, а синтаксические не имеют своей собственной оценки, но влияют на определение оценки, выражаемой семантическими терминами [2].

Первым этапом создания онтологии является создание структуры онтологии на основе имеющихся материалов, затем в работу берутся списки оценочных терминов, которые находятся в общем доступе в сети интернет.

Разработан словарь, в котором прописаны положительные и отрицательные коэффициенты в основном для слов, которые могли бы использовать студенты и преподаватели. Для упрощения алгоритма работы в систему добавляются слова-синонимы и в результате получается обширный словарь в несколько тысяч слов-терминов. В качестве примера ниже приведена таблица с выборкой терминов из словаря (таблица 1).

Таблица 1. **Выборка оценочных терминов и их коэффициенты**

Положительные термины	Оценочный коэффициент	Отрицательные термины	Оценочный коэффициент
Отлично	9	Плохо	-9
Положительно	8	Отрицательно	-8
Конструктивно	7	Недостоверно	-7
Актуально	6	Неточно	-6
Граммотно	5	Неконструктивно	-5
Хорошо	4	Средне	-4
Перспективно	3	Неважно	-3
Компетентно	2	Недостаточно	-2
Удовлетворительно	1	Неудовлетворительно	-1

Основная цель грамматики в данной системе – это связка терминов онтологии с предметами по которым обучаются студенты (например, чтобы узнать качество преподавания по предметам) и с различными объектами и субъектами университета. Мы использовали предикативную структуру, признаком которой являются утвердительные и отрицательные предложения. Вопросительные не рассматривались в данной работе, так как анкетирование и опрос не предусматривают их написание пользователем [3].

Как показало предварительное тестирование программы, верно было обработано 100% терминов, на основе которых и получались варианты для дальнейшего действия. Для обработки использовалась формула

$$Pr = (a/b) \times 100,$$

где a – количество выявленных терминов в предложении, b – общее количество терминов в тексте.

3. Заключение

Последние годы ознаменовались активным появлением различных социальных сетей, которые со временем стали содержать в себе большое количество различной информации, содержащей в себе как положительные, так и отрицательные мнения. В связи с этим, стало необходимым создание уникальной системы анализа мнений, которая помогает получить различные варианты действий по многим структурам бизнеса: от строительства до продаж. В самом начале такие платформы и системы использовались фирмами-производителями товаров и продуктов, чтобы получить их недостатки и узнать преимущества для проведения маркетинговой политики [4, 5].

Данная статья описывает опыт создания собственной онтологии и грамматики, а также приводит примеры различного искусственного интеллекта, созданного для помощи людям. Особенностью нашего проекта является большой объем ручной работы и создание специального алгоритма работы программы.

В работе под лингвистической онтологией понимается сложно структурированный словарь, являющийся основой для моделирования мгновенных решений на основе анкет и опросов. Сложная структура проявляется в двух группах и многоуровневой системы оценки «положительный/отрицательный/нейтральный».

Представленный проект в данной статье относится к интенсивно развивающемуся направлению автоматического анализа текстов, тесно связанному с работой университета. В дополнение к этой системе может быть разработано автоматическое и удаленное информирование сотрудников учреждения.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Митрофанова О.А., Константинова Н.С. Онтологии как системы хранения знаний // сероссийский конкурсный отбор обзорно-аналитических статей по приоритетному направлению «Информационно-телекоммуникационные системы». – 2008.

[2] Добров Б.В., Лукашевич Н.В. Лингвистическая онтология по естественным наукам и технологиям как ресурс для приложений информационного поиска. – 2004.

[3] Яцко В.А. Прикладная информатика / journal of applied informatics. Том 10. – № 4 (58). – 2015.

[4] Посевкин Р. Автоматизация сентимент-анализа естественно-языкового текста. – 2014.

[5] Куандыков А.А. Особенности задачи оперативного управления сложными объектами и пути ее решения. Научный журнал. МОН РК "Поиск", – №4(2). – 2003. – С. 46-50.

Р.К. Ускенбаева, А.А. Куандыков, С. Нуралыкызы

Бизнес-үрдістерде шешімдер қабылдау үшін пікірлерді өңдеудің әдістерін жасау

Түйіндеме. Бұл мақала Интернет желісіне негізделген технологиялық коммуникациялардың дамуына байланысты мәліметтерді өңдеу және жедел шешім қабылдау мүмкіндіктерін анықтап, ұйымдастырушылық-техникалық қызметтің функционалдығын жақсартатындығын дәлелдейді, бизнес-үрдістердің жұмысын сипаттап, студенттер мен оқытушылардың пікірсайысқа қатысуын анықтайды.

Осы мақаланың негізгі бағыты – заманауи инновациялық жоғары оқу орнының бизнес-модельдерінің эвристикалық дамуы және субъективті деректерді өңдеуге және солардың негізінде автоматты түрде шешім қабылдауға мүмкіндік беретін жүйені құру.

Түйін сөздер: бизнес-үрдістер; талдау алгоритмі; тоналдылық көрсеткіштерін есептеу; уақыт кезеңін белгілеу; бизнес-үрдістерді оңтайландыру; университеттің бизнес-үрдістерін автоматтандыру; ұйымдастырушылық тиімділігі; пікірлер мен сауалнамаларды оңтайландыру; нәтижені болжау, мәтінге семантикалық талдау жасау; мәтіннің тоналдылығын талдау.

ӘОЖ 517.968.78

Kh.I. Usmanov[1], K.J.Nazarova[1], A.S. Zhappar[2]

([1]Candidate of physical and mathematical sciences, docent
Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
e-mail: y_kairat@mail.ru, gjnazarova@mail.ru
[2]Master student of the Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University
e-mail: armanai.zhappar@mail.ru)

SOLUTIONS OF INTEGRAL-DIFFERENTIAL SYSTEMS CONTAINING A PARAMETER IN EQUATIONS WITH A PULSE BOUNDARY CONDITION BY THE PARAMETERIZATION METHOD

Annotation. For a system of integro - differential equations with parameters in equations, the method of parameterization by parameters was used. Using the properties of the resolvent of the integral equation, the problem is reduced to an integro-differential equation that does not have a derivative on the right side of the equation. Further, on the basis of the parameterization method, algorithms for finding a solution for a system of integro-differential equations with impulse boundary conditions are proposed. By entering new parameters, the problem is reduced to a system of linear equations with respect to the entered parameters and to a special Cauchy problem.

Keywords: System of integral-differential equations, parameter method, parameter, impulse boundary condition, resolvent.

Қ.И. Усманов, К.Ж.Назарова, А.С. Жаппар

(Қожа Ахмет Ясауи атындағы Халықаралық қазақ-түрік университеті
e-mail: y_kairat@mail.ru, gjnazarova@mail.ru)

ИМПУЛЬСТЫ ШЕТТІК ШАРТТЫ ПАРАМЕТРЛІ ИНТЕГРАЛДЫҚ–ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІН ПАРАМЕТРЛЕУ ӘДІСІМЕН ШЕШУ

Аңдатпа. Импульсті шеттік шартты параметрлі интегралдық дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін параметрлеу әдісі қолданылған. Параметрлеу әдісінің негізінде есептің шешімін табу алгоритмі ұсынылған. Интегралдық теңдеулердің резольвентасының қасиеттерін қолданып, теңдеу оң жағында туындысы жоқ

интегралдық дифференциалдық теңдеулерге келтірілген. Әрі қарай, жаңа параметрлерді енгізу арқылы, есеп енгізілген параметрлерге қатысты сызықтық теңдеулер жүйесі мен арнайы Коши есебіне келтірілген. Арнайы Коши есебі мен параметрлі интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің шешімі болуының шарттары алынған.

Түйінді сөздер. Интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі, параметрлеу әдісі, параметр, импульсті шеттік шарт, резольвента.

$[0,T]$ кесіндісінде параметрлі интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін параметрлі шеттік есеп қарастырылады.

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \int_0^T K_1(t,s)x(s)ds + \int_0^T K_2(t,s)\dot{x}(s)ds + K_3(t)\mu + f(t),$$

$$t \in [0,T] \setminus \{\theta\}, \theta \in (0,\mathrm{T})\ x \in R^n \quad (1)$$

$$x(0) + x(\mathrm{T}) = 0,\ x(\mathrm{T}) = 1, \quad (2)$$

$$x(\theta - 0) + x(\theta + 0) = p, \quad p \in R^n \quad (3)$$

мұндағы $A(t), K_3(t)$ матрицалары және $f(t)$ вектор-функциясы $[0,T]$ аралығында үзіліссіз, $K_1(t,s)$, $K_2(t,s)$ матрицасы сәйкесінше $[0,T]\times[0,T]$ аралығында үзіліссіз, $\|x\| = \max\limits_{i=1,n}|x_i|$.

$C([0,T],R^n)$ арқылы $[0,T]$ кесіндісінде үзіліссіз $x:[0,T]\to R^n$ функциялар кеңістігін белгілейміз және оның нормасын

$$\|x\|_1 = \max_{t\in[0,T]}|x(t)|$$

түрінде анықтаймыз. Интегралдық–дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін екі нүктелі шеттік есептерді шешудің бүгінгі таңдағы өзектілігі ғылым мен техникада туындайтын көптеген мәселерді шешу жолында, бір жағынан қоршаған ортаның әр түрлі жағдайларын зерттеуде интегралдық–дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін көпнүктелі шеттік есептер теориясының практикалық қолдануының маңыздылығымен, ал екінші жағынан интегралдық–дифференциалдық теңдеулер жүйесі үшін шеттік есептердің шешімін құруға мүмкіндік беретін конструктивті әдістерін құру қажеттілігіне байланысты анықталады. Интегралдық -дифференциалдық теңдеулер үшін шеттік есептер көптеген ғалымдардың еңбектерінде [1]-[13] қарастырылған.

Оң жақ бөлігінде туындысы болмаған жағдайдағы интегро-дифференциалдық теңдеулерді шешудің параметрлеу әдісі [14] жұмысында келтірілген. Импульсті шеттік шартты дифференциалдық теңдеулерге параметрлеу әдісін [15] жұмысында қолданған. Бұл жұмыста оң жағында туындысы қатысқан импульсті шеттік шартты интегралдық- дифференциалдық теңдеулер үшін кері есеп қарастырылған.

Шарт А.

$$z(t) = \int_0^T K_2(t,s)z(s)ds + F(t) \quad (4)$$

Фредгольм тектес интегралдық теңдеу кез-келген $F(t) \in C([0,T],R^n)$ функциясы үшін бірмәнді шешімділі болсын.

Егер А шарты орындалса, онда (1.1.4) Фредгольм тектес теңдеудің $K_2(t,s)$ өзегі үшін $\Gamma_2(t,s;1)$ - резольвентасы табылып, (1.1.4) интегралдық теңдеудің шешімін [16]

$$z^*(t) = F(t) + \int_0^T \Gamma_2(t,s;1)F(s)ds,$$

түрінде жазуға болады және ол үшін

$$\left\|z^*(t)\right\|_1 \le (1+\omega T)\left\|F(t)\right\|_1,$$

мұндағы $\omega = \max\limits_{t,s\in[0,T]\times[0,T]} \left\|\Gamma_2(t,s;1)\right\|$.

А шартын пайдаланып, (1) - (3) шеттік есебін келесі түрде жаза аламыз

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \int_0^T K_1(t,s)x(s)ds + K_3(t)\mu + f(t) +$$

$$+\int_0^T \Gamma_2(t,\tau;1)\left[A(\tau)x(\tau) + \int_0^T K_1(\tau,s)x(s)ds + K_3(t)\mu + f(\tau)\right]d\tau,$$

$$t\in[0,T]\setminus\{\theta\}, \theta\in(0,\mathrm{T}),\ x\in R^n \tag{5}$$

$$x(0)+x(\mathrm{T})=0,\ x(\mathrm{T})=1, \tag{6}$$

$$x(\theta-0)+x(\theta+0)=p,\quad p\in R^n \tag{7}$$

Келесі түрлендірулер жасайық

$$\int_0^T \Gamma_2(t,s;1)\int_0^T K_1(\tau,s)x(s)dsd\tau = \int_0^T\int_0^T \Gamma_2(t,\tau;1)K_1(\tau,s)x(s)dsd\tau = \int_0^T K_{12}(t,s)x(s)ds$$

мұндағы $K_{12}(t,s) = \int_0^T \Gamma_2(t,\tau;1)K_1(\tau,s)d\tau$ және

$$\tilde{K}_1(t,s) = \Gamma_2(t,\tau;1)A(\tau) + K_{12}(t,s) + K_1(t,s),$$

$$\tilde{K}_3(t) = K_3(t) + \int_0^T \Gamma_2(t,\tau;1)K_3(\tau)d\tau$$

$$\tilde{f}(t) = f(t) + \int_0^T \Gamma_2(t,\tau;1)f(\tau)d\tau$$

белгілеулерін енгізсек, онда (5), (6). (7) шеттік есебін келесі түрде жазуға болады

$$\frac{dx}{dt} = A(t)x + \int_0^T \tilde{K}_1(t,s)x(s)ds + \tilde{K}_3(t)\mu + \tilde{f}(t),\ t\in[0,T]\setminus\{\theta\}, \theta\in(0,\mathrm{T}),\ x\in R^n \tag{8}$$

$$x(0)+x(\mathrm{T})=0,\ x(\mathrm{T})=1, \tag{9}$$

$$x(\theta-0)+x(\theta+0)=p,\quad p\in R^n \tag{10}$$

(8), (9), (10) шеттік есебіне параметрлеу әдісін қолданайық [15-16].

Кез-келген $l\in N$ санын алып, $[0,T]$ кесіндісін $[0,T)=\bigcup\limits_{r=1}^{2(l+1)}[t_{r-1},t_r)$ аралықтарға бөлейік, мұнда $t_0=0,\ t_r=t_{r-1}+\frac{\theta}{l}, r=\overline{1,l},\ t_r=t_{r-1}+\frac{T-\theta}{l},\ r=\overline{l+1,2(l+1)}.$ $x(t)$ функциясының әрбір $[t_{r-1},t_r),\ r=\overline{1,2(l+1)}$ аралығына сығылуын $x_r(t)$ арқылы белгілейік.

$$\frac{dx_r}{dt} = A(t)x_r + \sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j} \tilde{K}_1(t,s)x_j(s)ds + \tilde{K}_3(t)\mu + \tilde{f}(t),\ [t_{r-1},t_r) \tag{11}$$

$$x_1(0)+\lim_{t\to T-0}x_{2(l+1)}(t)=0,\ \lim_{t\to T-0}x_{2(l+1)}(t)=1 \tag{12}$$

$$\lim_{t\to t_{l+1}-0}x_{l+1}(t)-x_{l+2}(t_{l+1})=p\,,\ p\in R^n \tag{13}$$

$$\lim_{t\to t_s-0}x_s(t)=x_{s+1}(\mathrm{t}_s)\quad s=\left\{\overline{1,2(\mathrm{l}+1)}\right\}\setminus\left\{l+1\right\} \tag{14}$$

шеттік есепке көшеміз, мұнда (13), (14) теңдік-бөліктеудің ішкі нүктесіндегі үзіліссіздік шартын қамтамасыз етеді.

λ_0 арқылы μ параметрін, ал λ_r арқылы $x_r(t)$ функциясының $t=t_{r-1},\ r=\overline{1,2(l+1)}$ нүктесіндегі мәнін белгілеп алайық. Әрбір $\left[t_{r-1},t_r\right)$ аралығында $u_r(t)=x_r(t)-\lambda_r,\ r=\overline{1,2(l+1)}$ алмастыруын жасайық. Онда, (11) - (14) есебі келесі шеттік есепке келтіріледі:

$$\frac{du_r}{dt}=A(t)\left[u_r+\lambda_r\right]+\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(t,s)\left[u_j(s)+\lambda_j\right]ds+\tilde{K}_3(t)\lambda_0+\tilde{f}(t)\,,\ \left[t_{r-1},t_r\right) \tag{15}$$

$$u_r(t_{r-1})=0,\quad r=\overline{1,2(l+1)} \tag{16}$$

$$x_1(0)+\lim_{t\to T-0}x_{2(l+1)}(t)=0,\ \lim_{t\to T-0}x_{2(l+1)}(t)=1 \tag{17}$$

$$\lambda_{l+1}+\lim_{t\to t_{l+1}-0}u_{l+1}(t)-\lambda_{l+2}=p \tag{18}$$

$$\lambda_S+\lim_{t\to t_s-0}u_S(t)=\lambda_{S+1},\ \ s=\left\{\overline{1,2(\mathrm{l}+1)}\right\}\setminus\left\{l+1\right\} \tag{19}$$

λ_r параметрінің анықталған мәндерінде (15), (16) есебі төмендегі интегралдық теңдеулер жүйесіне пара-пар:

$$u_r(t)=\int_{t_r}^{t}A(\tau)u_r(\tau)d\tau+\int_{t_r}^{t}A(\tau)d\tau\cdot\lambda_r+\int_{t_r}^{t}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)u_r(s)dsd\tau+$$

$$+\int_{t_r}^{t}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)dsd\tau\cdot\lambda_j+\int_{t_r}^{t}\tilde{K}_3(\tau)d\tau\cdot\lambda_0+\int_{t_r}^{t}\tilde{f}(\tau)d\tau,\ t\in\left[t_{r-1},t_r\right) \tag{20}$$

(20) - ден $\lim_{t\to t_r-0}u_r(t),\ \ r=\overline{1,2(l+1)}$ шекті анықтап, (17) - (19) шарттарына қойсақ, онда λ_r, $r=\overline{0,2(l+1)}$ параметрлеріне қатысты сызықтық теңдеулер жүйесін аламыз.

$$\begin{gathered}\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\tilde{K}_3(\tau)d\tau\cdot\lambda_0+\lambda_1+\lambda_{2(l+1)}+\int_{T-t_{2l+1}}^{T}A(\tau)d\tau\cdot\lambda_{2(l+1)}+\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j+1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)\lambda_j(s)dsd\tau+\\ =-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\tilde{f}(\tau)d\tau-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}A(\tau)u_{2(l+1)}(\tau)d\tau-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j+1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,\mathrm{s})u_j(\tau_1)dsd\tau\end{gathered} \tag{21}$$

$$\begin{gathered}\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\tilde{K}_3(\tau)d\tau\cdot\lambda_0+\lambda_{2(l+1)}+\int_{T-t_{2l+1}}^{T}A(\tau)d\tau\cdot\lambda_{2(l+1)}+\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j+1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)\lambda_j(s)dsd\tau+\\ =1-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\tilde{f}(\tau)d\tau-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}A(\tau)u_{2(l+1)}(\tau)d\tau-\int_{T-t_{2l+1}}^{T}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j+1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,\mathrm{s})u_j(\tau_1)dsd\tau\end{gathered} \tag{22}$$

$$\int_{t_{l-1}}^{t_l} \tilde{K}_3(\tau)d\tau\cdot\lambda_0+\lambda_{l+1}+\int_{t_{l-1}}^{t_l} A(\tau)d\tau\cdot\lambda_{l+1}+\int_{t_{l-1}}^{t_l}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)\lambda_j(s)dsd\tau-\lambda_{l+2}=$$
$$=p-\int_{t_{j-1}}^{t_j}A(\tau)u_{l+1}d\tau-\int_{t_{j-1}}^{t_j}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)u_j(s)dsd\tau-\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{f}(\tau)d\tau,\ p=\overline{1,l+1} \tag{23}$$

$$\int_{t_{s-1}}^{t_s} \tilde{K}_3(\tau)d\tau\cdot\lambda_0+\lambda_S+\int_{t_{s-1}}^{t_s} A(\tau)\lambda_s d\tau+\int_{t_{s-1}}^{t_s}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)\lambda_j(s)dsd\tau-\lambda_{s+1}=$$
$$=-\int_{t_{s-1}}^{t_s}A(\tau)u_S d\tau-\int_{t_{s-1}}^{t_s}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}\tilde{K}_1(\tau,s)u_j(s)dsd\tau-\int_{t_{s-1}}^{t_s}\tilde{f}(\tau)d\tau\quad s=\left\{\overline{1,2(l+1)}\right\}\setminus\{l+1\} \tag{24}$$

(21) - (24) теңдеулер жүйесінің $\lambda_r,\ r=\overline{0,2(l+1)}$ қатысты сол жағындағы матрицаны $Q(\mathrm{h})$-деп белгілейік, ал оң жағындағы $\tilde{f}(t)$ сәйкес интегралдарды $F(h)$, $u_r(t)$ мүшелері бар интегралдарды $G(u,h)$-деп белгілейік, яғни

$$F(h)=\left(\tilde{f}_{2(l+1)},\tilde{f}_1,\tilde{f}_2,...,\tilde{f}_{2(l+1)-1}\right)'$$
$$G(u,h)=\left(G_{2(l+1)}(u,h),G_1(u,h),...,G_{2(l+1)-1}(u,h)\right),$$

мұндағы

$$G_p(u,h)=\int_{t_{p-1}}^{t_p}A(\tau)u_p(\tau)d\tau+\int_{t_{p-1}}^{t_p}\sum_{j=1}^{2(l+1)}\int_{t_{j-1}}^{t_j}K_1(\tau,s)u_j(s)dsd\tau,\ f_p=\int_{t_{p-1}}^{t_p}f(\tau)d\tau,\ p=\overline{1,2(l+1)}.$$

Сонда, (21) - (24) сызықтық теңдеулер жүйесін келесі түрде жазуға болады:

$$Q(l)\lambda=-F(h)-G(u,h) \tag{25}$$

Сонымен, $(\lambda,u[t])$ жұптарын табу үшін (20) , (25) тұйық жүйе аламыз және оны келесі алгоритм бойынша шешеміз.

0-қадам. а) $Q(\mathrm{h})$ матрицасының кері матрицасы бар деп есептеп, $Q(\mathrm{h})\lambda=-F(h)$ теңдеулер жүйесінен $\lambda^{(0)}=\left(\lambda_0^{(0)},\lambda_1^{(0)},\lambda_2^{(0)},...,\lambda_{2(l+1)}^{(0)}\right)\in R^{n(2l+3)}$ параметрлерінің алғашқы жуықтауын анықтаймыз: $\lambda=-\left[Q(\mathrm{h})\right]^{-1}F(h)$.

б) табылған $\lambda_r^{(0)},\ r=\overline{0,2n(l+1)}$ мәндерін (15) интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің оң жағына қойып, (16) шартпен арнайы Коши есебінің $u^{(0)}[t]=\left(u_1^{(0)}(t),u_2^{(0)}(t),...,u_{2(l+1)}^{(0)}(t)\right)'$ шешімін анықтаймыз.

1-қадам. а) табылған $u_r^{(0)},\ r=\overline{0,2n(l+1)}$ мәндерін (25) теңдеулер жүйесіне қойып және $Q(\mathrm{h})$ матрицасының кері матрицасы болатындығын ескеріп, $Q(\mathrm{h})\lambda=-F(h)-G(u^{(0)},h)$ теңдеулер жүйесінен $\lambda^{(1)}=\left(\lambda_0^{(1)},\lambda_1^{(1)},\lambda_2^{(1)},...,\lambda_{2(l+1)}^{(1)}\right)'$ мәндерін анықтаймыз.

б) табылған $\lambda_r^{(1)}$, $r=\overline{0,2n(l+1)}$ мәндерін (15) интегралдық-дифференциалдық теңдеулер жүйесінің оң жағына қойып, (16) шартпен бірге арнайы Коши есебінің $u^{(1)}[t]=\left(u_1^{(1)}(t),u_2^{(1)}(t),...,u_{2(l+1)}^{(1)}(t)\right)'$ шешімін анықтаймыз.

Процесті жалғастыра отырып, k-шы қадамда $\left(\lambda^{(k)},u^{(k)}[t]\right)$, $k=0,1,...$ жұптарының жүйесін анықтаймыз.

Теорема 1. *Егер А шарты мен*

$$\delta(h)=e^{\alpha h}h[(1+\omega T)(\alpha+\beta_1 T)-\alpha]<1,$$

шарты орындалса, мұнда $\alpha=\max\limits_{t\in[0,T]}\|A(t)\|$, $\beta_1=\max\limits_{(t,s)\in[0,T]\times[0,T]}\|K_1(t,s)\|$,

$h=max\left(\frac{\theta}{l},\frac{T-\theta}{l}\right)$, α,β_1-*const.*

Онда (15),(16) арнайы Коши есебінің жалғыз шешімі болады.

Коши есебінің бірмәнді шешімділігінің негізінде, (1), (2) есебінің шешімділігінің қажетті шартын аламыз.

Теорема 2. *Егер 1 теореманың шарттары орындалса және* $Q(h)$ *матрицасының кері матрицасы бар болып келесі шарттар орындалса*

$$\|[Q(h)]^{-1}\|\le\gamma(h),$$

$$q(h)=\gamma(h)(1+\omega T)(\alpha+\beta_1 T)\frac{e^{\alpha h}-1+\delta(h)}{1-\delta(h)}h<1,$$

Онда (1), (2) импульсті шеттік есептің жалғыз шешімі болады.

Теореманың дәлелдеуі А шартын ескере отырып, [17] жұмыстың 3 теоремасының дәлелдеуіне сәйкес жүргізіледі.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] M. Turkyilmazoglu. An effective approach for numerical solutions of high-order Fredholm integro-differential equations // Applied Mathematics and Computation. - 2014. - V. 227. - P.384-398.

[2] H. Du, G. Zhao, Ch. Zhao, Reproducing kernel method for solving Fredholm integro-differential equations with weakly singularity. J. Comput. Appl. Math. 255 (2014), pp. 122-132

[3] T. K. Yuldashev, "A Double Inverse Problem for Fredholm Integro-Differential Equation of Elliptic Type", *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Univ., Ser. Fiz.-Mat. Nauki [J. Samara State Tech. Univ., Ser. Phys. Math. Sci.]*, **2(35)** (2014), 39–49

[4] T. K. Yuldashev, "Inverse Problem for a Fredholm Third Order Partial Integro-differential Equation", *Vestn. Samar. Gos. Tekhn. Univ., Ser. Fiz.-Mat. Nauki [J. Samara State Tech. Univ., Ser. Phys. Math. Sci.]*, **1(34)** (2014), 56–65

[5] Dzhumabaev D.S., Necessary and Sufficient Conditions for the Solvability of Linear Boundary-value Problems for the Fredholm Integro-Differential Equation. Ukr.Math.J. 66 (2015), pp. 1200-1219.

[6] Dzhumabaev D.S., On one approach to solve the linear boundary value problems for Fredholm integro-differential equations. Journal of Computational and Applied Mathematics. 294(2016), pp. 342-357.

[7] Dzhumabaev D.S. Computational methods of solving the boundary value problems for the loaded differential and Fredholm integro-differential equations // Mathematical Methods in the Applied Sciences. 41(2018), No 4, pp. 1439-1462. Thomson Reuters IF 1.017

[8] Dzhumabaev D.S. New general solutions to linear Fredholm integro-differential equations and their applications on solving the boundary value problems // Journal of Computational and Applied Mathematics, 327(2018), No 1, pp. 79-108. Thomson Reuters IF 1.357

[9] Dzhumabaev D.S. Well-posedness of nonlocal boundary value problem for a system of loaded hyperbolic equations and an algorithm for finding its solution // Journal of Mathematical Analysis and Applications. 461(2018), No 1, pp. 817-836. Thomson Reuters IF 1.064

[10] T. K. Yuldashev, "О разрешимости одной краевой задачи для обыкновенного интегродифференциального уравнения Фредгольма с вырожденным ядром", *Zh. Vychisl. Mat. Mat. Fiz.*, **59**:2 (2019), 252–263

[11] N. Kuznetsov, "The floating-body problem: an integro-differential equation without irregular frequencies", *Алгебра и анализ*, **31**:3 (2019), 170–183

[12] V. V. Vlasov, N. A. Rautian, "Properties of solutions of integro-differential equations arising in heat and mass transfer theory", Tr. Mosk. Mat. Obs., **75**, no. 2, MCCME, M., 2014, 219–243; *Trans. Moscow Math. Soc.*, **75** (2014), 185–204

[13] S. K. Zaripov, "A new solution for one-class model integro-differential equations of first order with singularity in the kernel", *Mathematical Physics and Computer Simulation*, **20**:4 (2017), 68–75

[14] Джумабаев Д.С. Об одном методе решения линейной краевой задачи для интегро-дифференциального уравнения // Журнал вычисл. матем. и матем. физ. 2010. Т. 50. № 7. С. 1209-1221.

[15] Тлеулесова А.Б. Об однозначной разрешимости двухточечной краевой задачи с импульсным воздействием // Математический журнал. -Алматы, 2004. –Т-4., №4- С.93 – 102

[16] Вольтерра В. Теория функционалов, интегральных и интегро-дифференциальных уравнений. М., 1982, -304 с.

[17] Бакирова Э.А. Корректная разрешимость линейной двухточечной краевой задачи для систем интегро-дифференциальных уравнений: афтореф. канд. ф.-м.н.: 01.01.02.-Алматы: ИМ МОН РК, 2006. 20-с.

Қ.И. Усманов, К.Ж.Назарова, А.С. Жаппар

Решения систем интегрально-дифференциальных содердащее параметр в уравнений с импульсным каевым условнием методом параметризации

Резюме. Для системы интегро - дифференциальных уравнений с параметрами в уравнений был использован метод параметризации параметрами. Используя свойства резольвенты интегрального уравнения задача сводится к интегро-дифференциальному уравнению, не имеющую производную в правой части уравнения. Далее, на основе метода параметризации предложен алгоритмы нахождения решения для системы интегро-дифференциальных уравнений с импульсными краевыми условиями. Введя новые параметры, задача сведена к системе линейных уравнений относительно введенных параметров и к специальной задаче Коши.

Ключевые слова: Система интегрально-дифференциальных уравнений, метод параметра, параметр, импульсное краевое условие, резольвента.

UDC 51:37.016

R.S. Ysmagul, D.M. Nurusheva
(Kostanay State University named after A. Baitursynov,
Kostanay, Kazakhstan, e-mail: ismagulr@mail.ru)

THE SOLUTION OF NON-STANDARD TASKS FOR THE DEVELOPMENT OFCREATIVE ABILITIES OF STUDENTS IN A MATHEMATICS LESSON

Abstract. The system includes the tasks, which are solved by different approaches and methods such as the enumerative technique, arithmetic method, algebraic method and others. The article analyzes various types of non-standard problems, reveals their main characteristics related to the peculiarities of the process of formation of cognitive competence of the student in teaching mathematics, summarizes the concepts of problem, heuristic, research, creative, search problem. A unified approach to the definition of a non-standard problem based on the study of its structure is proposed: content - presentation form - solution process - result. Examples of mathematical problems that can be attributed to non-standard. The main methods and ways of solving such problems are considered. The methods of work in the analysis of non-standard tasks are listed. The methods of mental activity in solving such problems are presented.

Keywords: non-tandard tasks, methods and techniques of the decision

The aim of the work is to identify an effective method of solving non-standard problems.The development of a system of non-standard problems for an elective course contributes to the development of interest in mathematics. First we must define what we mean by a non-standard task. The fact is that "non-standard" is a relative property. Any task requiring the use of a new idea is considered to be non-standard by the student. In our opinion, it is advisable to adhere to the following concept: A nonstandard problem is a problem solving which, we know neither the idea of the solution, nor even which well-known section of the theory at least one of the possible solutions is based on. The main requirements that guided us in selecting non-standard tasks are as follows:

Tasks (as well as their wording) should be non-standard, but accessible to students, that is, allow solutions based directly on the program material (it should be added that the program and textbooks are considered to be as a criterion for “standard”);

The tasks should allow a compact solution (and do not require cumbersome calculations, complicated logic of reasoning in particular), the main focus of the solution is on resolving the non-standard situation described in the statement of the problem;

The formulation of tasks or their solution should be of students’ interest.

The implementation of non-standard tasks in a particular system should take into account the demands of both teachers and students. Although the main role of non-standard tasks is the development of students ' interest in mathematics, it is impossible to limit ourselves to bringing only entertaining tasks: students should learn to solve certain classes of problems, to master certain ideas, methods, techniques. It seems that the defining requirements for the system are:

1. Tasks should be divided into categories, which could serve as a collection of tasks for conducting thematic classes; it should be possible to identify more clearly the main ideas and methods.

2. The book of problems should contain a certain number of tasks, allowing consolidating the studied material, but their number should not be very large (otherwise the task quickly ceases to be non-standard).

In developing the program of the elective course “Solving Non-Standard Mathematical Problems” for a physics and mathematics class, we include in the system of problems the problems solved by the following methods: enumerative technique; an arithmetic method for solving non-standard problems; algebraic method for solving problems; the method of compliance; logical methods for solving problems; problem - task method.The idea of systematization is suggested by methods for solving standard problems, olympiad problems, and math problems for extracurricular activities [1]. We will conduct a brief description of the methods.

Formulation of the problem

Enumerative technique

Under the enumerative technique in mathematics we understand the implementation of a consistent or random analysis of all or some specially selected cases that may occur in a situation defined by the formulation of tasks. To classify the tasks of the enumerative technique, we first select two large groups: tasks solved by the full enumerative technique and tasks solving which it is possible to restrict full enumerative technique.

When solving the first group of problems, we face the problem of proper organization of the complete enumerative technique. It is necessary to consider all possible cases encountered in solving the problem, avoiding repetitions and omissions.

The tasks of the first group are divided into series depending on the system of organizing the complete enumerative technique, they include: the utmost limits rule; the complete enumerative technique with return; graphical representation of the complete enumerative technique; complete enumerative technique"from end to top."

The utmost limits rule - such an organization of complete enumeration, when considering all possible cases, we take the the utmost limits, which may be the smallest or the largest elements.

The complete enumerative technique with return - is used in the case when two or more variables change. A complete search is performed to determine all possible values, both of the first variable and others. Then, having given the first variable an extreme value, one must go through all the values of the second variable (using the“utmost limits rule”), then return to the first variable and, giving it the next value, go through all the values of the second variable, and so on, until the complete enumerative techniqueis implemented. Similarly for three or more variables.

A graphical representation of complete enumerative technique- provides its vivid illustration, and in some cases greatly simplifies the solution. To solve problems, a simplified graph method is used. The elements of the problem are the vertices of the graph, and their connecting lines are the edges of the graph.

Considering the complete enumerative technique "from end to top» - we use the example of transfusion tasks.Tasks of transfusion include tasks in which a certain amount of fluid must be obtained with limited means, sometimes for a limited number of transfusions. (One of the transfusion tasks is associated with the name of French mathematician, mechanic and physicist Simeon Denis Poisson 1781-1840, who said that the problem of two vessels determined his fate - he decided that he would become a mathematician). Such tasks can be solved by complete enumerative technique. But since the initial and final situations are set

in them, it is more rational to carry out complete enumerative technique“from the end to the beginning”, in this case fewer options arise, and the search becomes more focused.

The tasks of the second group, during the solution of which it is possible to limit a complete search, are divided into series depending on the organization of the reduction of the complete enumerative technique.

The tasks of the second group are divided into series: the selection of the solution scope; "clipping» - reducing the complete enumerative technique, based on considerations of symmetry.

The selection of the solution scope - is used in cases where the consideration of all possible solutions to the problem has such a large number of steps that it is very difficult to consider all of them. In such cases it is necessary to limit the search area; sometimes some answers are lost in the result. In the proposed tasks, before applying the complete enumerative technique, it is necessary to determine the area in which the solution of the problem most likely lies.

"Clipping» - it is possible to reduce the complete enumerative technique by discarding options that obviously will not give the desired result. Before starting the search, it is necessary to consider all cases visible from the very beginning that do not lead to the solution of the problem, and then not include them in the enumerative technique.

Arithmetic method of solving problems.

By arithmetic problems, we understand the question from any field that can be solved by counting and by four arithmetic operations. The “arithmetic solution of the problem” method itself differs from algebraic techniques primarily because at all stages of the reasoning all the comparisons and performed actions allow for a completely visual and specific understanding in the area of the quantities in question, and interpretation.

Describing the main ideas of solving arithmetic problems, we single out 9 types of non-standard problems: the method “from end to beginning”; comparison of two conditions by subtraction; finding the arithmetic average; combination of events occurring in the task in time; tasks for a simple account; movement tasks; comparison tasks; method of "assumption"; redistribution [1, p.36].

Algebraic method of solving problems.

Section combines tasks that are reduced to solving equations. A decimal notation of a natural number. As it is known, the decimal notation of a natural number is its representation in the form of a sum, decomposed into powers of the number 10: $x = a_n10^n + a_{n-1}10^{n-1} + ... + a_110 + a_o$,, where $a_n \# 0$. The solutions found by using the decimal notation are based on the idea of algebraization; often, the representation of a number as an expansion in powers of the number 10 makes it possible to reduce the problem to the solution of an algebraic equation (sometimes an indefinite equation). There are a number of tasks in the solution of which other techniques are applied. A sufficiently wide class of problems is solved on the basis of the algebraization of writing numbers: numerical rebuses, problems for proof, and problemsof guessing numbers. When drawing up tasks for guessing numbers, such a sequence of operations is chosen that the result is either the number itself or the number conceived can be obtained by performing simple operations.

Equations in integers. The tasks proposed in this series are reduced to the solution in natural numbers of an equation with two unknowns. In the simplest case, the equations are solved by enumerating all possible options. It is most convenient to organize the search using the «utmost limits rule». But solving algebraic equations in integers with integer coefficients with two unknowns is a rather difficult task. There are two ways to reduce the search in the proposed tasks: find out the restrictions that are imposed on the unknown and sort through the estimated values of the unknown, where there are fewer “candidates”; it is possible to reduce the search by using one of the basic properties of divisibility of integers: if each of the integers a_1, a_2, ... , a_{n-1}, a_n is divided by b, then for any integers c1, c2, ..., cn is the number ($c_1a_1 + c_2a_2 + ... + c_na_n$) is divided by b.

Towards the integer solution of the equation $xa + yb = c$, the property can be applied as follows: the number yb should be divided by the $НОД\ (xa,\ c)$ or the number xa should be divided by $НОД\ (yb,\ c)$.

The division with the remainder.To divide the number a by the number $b\ (b > 0)$ with the remainder is to represent the number a in the form $a = bq + r,\ 0 < r < b$. The number q is called incomplete quotient, and the number r is the remainder of division by b.The solution of a series of problems is based on the representation of a number in the form $a = bq + r$. Further, the solution of the task can be reduced to solving an equation and a system of equations. Sometimes such a notation is needed in order to “see” what happens to the number if you drop the remainder.

Signs of divisibility. Pupils in the 5-6 grades are familiar with signs of divisibility by 2, 3, 5, 9, 10. When solving problems, it is useful to derive them, and in addition, to prove the sign of divisibility by 4, 11 and by composite numbers. They should consider other signs of divisibility, as a sign of divisibility by 7, 13 and others.

The method of compliance.

The section combines tasks, solution of which demands to establish a correspondence between the elements of the sets. Three groups of tasks are distinguished: the order relationship, "who is who?", the Dirichlet principle.

Order relationship. The main idea of this series is to establish order relations. Often it is convenient to set such relationships using a graph. A graph is any set of points, some of which are connected by lines or arrows. Points representing elements of a set are called vertices of the graph. If the beginning and end of the arrow match, it is called a loop.

"Who is who?" These are fairly common tasks, the solution of which does not require special knowledge from the field of mathematics, it is only necessary to correctly grasp the content of the text and then consistently draw logical conclusions. As a rule, when solving problems theenumerative techniqueis used. We consider two ways of solving such problems: using graphs and using a table (it is often called the truth table).

Dirichlet principle. According to this principle, if a set of$K$ elements is divided intoκ non-intersecting parts that have no common elements in pairs, where $K > \kappa$, then at least in one part there will be more than one element. The principle is named after the German mathematician P.G.L. Dirichlet (1805-1859). The generalization of the Dirichlet principle is often used: if elements of $K > N\kappa$, then at least in one part there will be more N elements. The principle of solving a whole class problems follows from the Dirichlet principle: the set of elements must be divided into disjoint parts and if there are more elements than parts, then there will be more than one element in one part [2].

Logical methods of solving problems.

Logical or non-numeric tasks constitute an extensive class of nonstandard problems. These include, first of all, word problems require recognizing objects or arranging them in a certain order according to available properties. At the same time, a part of the statements of the problem condition can come up with a different truth assessment (be true or false). The class of logical tasks includes tasks for transfusion and weighing, tasks of the method of compliance.

Problem- task method.

In a non-standard problem, a task can be unexpectedly set. At work, in daily life, a person needs the ability to formulate the question himself and, using mathematical knowledge, find the answer to it. One of the methods of propaedeutics of such a mind quality is the preparation of tasks for students in the classroom, which we refer to as non-standard tasks [3].

Let us consider examples of such non-standard problem-tasks:

- posing the question of the problem – formulate the problem question and consider all sorts of options;

- drawing up a task from some of its components – according to the verbal text of the task (without numerical data), according to numerical data, on the issue of the task and its solution, only on the issue, only on the solution of the problem, etc .;

- drawing up the problem according to the picture, according to the short record, according to the equation; drawing up a task by analogy with the given one; the formulation of the inverse of the task is the most important for the formation of cognitive activity skills [4].

Conclusion The implementation of the elective course program confirms the correctness of the selection of proposed methods into the system.

REFERENCES

[1] Bazhenov I.I., Poroshkin A.G., Timofeyev A.YU., Yakovlev V.D. Zadachi dlya shkol'nykh matematicheskikh kruzhkov: Uchebnoye posobiye. / Syktyvkar: Syktyvkarskiy un-t, 2006. — 224 s.

[2] Zadachi dlya vneklassnoy raboty po matematike v 5–6 klassakh: Posobiye dlya uchiteley. / Sost. V.YU. Safonova. Pod red. D.B. Fuksa, A.L. Gavronskogo. M.: MIROS, 1993. – 72 s.

[3] Fazylova A.A., Nurusheva D.M. Formation of creative thinking of students in math lessons in 10 classes in the condition of updated education. // Sbornik statey Regionalnoy studencheskoy nauchno-prakticheeskoy konferentsii. KSPU named after U. Sultangazin.-Kostanay.-2019.-P.61-64

[4] Ysmagul, R.S., Mukanov T.L. Resheniye odnoy schetnoy sistemy evolyutsionnykh uravneniy metodom ukorocheniya // Multidisciplinary scientific journal, "3i: intellect, idea, innovation". - KSU named after A.Baytursynov.-Kostanay .- №1.- 2014.- P.294-298

Р.С. Ысмағұл., Д.М.Нурушева

Математика сабағында оқушылардың шығармашылық қабілеттерін дамытуға арналған стандартты емес есептерді шешу

Түйіндеме. Мақалада стандартты емес есептердің әртүрлі түрлері талданады, математиканы оқытуда оқушылардың танымдық құзыреттілігін қалыптастыру үрдісінің ерекшеліктерімен байланысты олардың негізгі сипаттамалары анықталады, проблемалық, эвристикалық, зерттеушілік, шығармашылық, ізденушілік есептер ұғымдары жалпыланады. Оның құрылымын зерттеу негізінде стандартты емес есепті анықтаудың бірыңғай тәсілі ұсынылды: мазмұны-ұсыну нысаны - шешу процесі-нәтиже. Стандартты емес есептерге жатқызуға болатын математикалық есептер мысалдары көрсетілген. Мұндай мәселелерді шешудің негізгі әдістері мен тәсілдері қарастырылды. Стандартты емес есептерді талдау кезіндегі жұмыс әдістері көрсетілген. Мұндай міндеттерді шешу кезіндегі психикалық іс-әрекет әдістері ұсынылған. Оқушыларды арнайы оқытудың стандартты емес есептерді шешуде жалпы білім берудің маңыздылығы қарастырылған.

Түйін сөздер: стандартты емес есептер, шешу әдістері мен тәсілдері.

Р.С. Ысмағұл, Д.М. Нурушева

Решение нестандартных задач для развития творческих способностей обучающихся на уроке математики

Резюме: В статье анализируются различные виды нестандартных задач, выявляются их основные характеристики, связанные с особенностями процесса формирования познавательной компетентности учащегося при обучении математике, обобщаются понятия проблемной, эвристической, исследовательской, творческой, поисковой задачи. Предложен единый подход к определению нестандартной задачи на основе исследования ее структуры: содержание-форма представления - процесс решения - результат. Показаны примеры математических задач, которые можно отнести к нестандартным. Рассмотрены основные методы и способы решения таких проблем. Перечислены методы работы при анализе нестандартных задач. Представлены методы психической деятельности при решении таких задач. Подчеркнуто большое общеобразовательное значение специального обучения учеников решению нестандартных задач.

Ключевые слова: нестандартные задачи, методы и приемы решения.

УДК 004.042:338.47

A.A. Kuandykov, N.K. Mukazhanov, A.M. Tolegenov
(International Information Technologies University, Almaty, Kazakhstan,
email: mukazhan@mail.ru, azicus.sdu@gmail.com)

DATA FLOWS IN INFORMATION AND LOGISTICS SYSTEM

Abstract. The paper considers the movement of data flows of the information and logistics system. Also, these flows are divided into three parts: data flows of the warehouse system, online store and the delivery system of goods to the final consumer. The following modules are described: module for registration and authorization, module for personal accounts, platform for selling goods (online store), module for generating orders, online payment module, module for receiving orders for delivery, delivery module, module for accounting and control of goods movement.

Key words: Digital Logistics. Data flows. Digital warehouse. Logistic system.

А.А. Куандыков, Н.К. Мукажанов, А.М. Толегенов
(Международный Университет информационных технологий, Алматы, Казахстан,
email: azicus.sdu@gmail.com)

ПОТОКИ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

Аннотация. В работе рассмотрены движения потоков данных информационно-логистической системы. Также эти потоки разделены на три части: потоки данных складской системы, интернет магазина и системы доставки товара конечному потребителю. Описаны следующие модули: модуль регистрации и авторизации, модуль личных кабинетов, площадка продажа товаров (интернет магазин), модуль формирования заказов, модуль онлайн оплаты, модуль приема заказов для доставки, модуль доставки, модуль учета и контроля движения товаров.

Ключевые слова: Цифровая логистика. Потоки данных. Цифровой склад. Логистическая система.

Введение

В эпоху цифровизации развитие логистики требует применения цифровых технологий и его состояние определяется бурным развитием и внедрением информационных инструментов. Эффективное управление оцифрованными потоками данных в логистике требует применения особых подходов и современных технологий обработки данных. Важно обеспечить оцированными данными логистические процессы, так как на сегоднящний день, цифровая логистика занимает ключевое место в современных производственно-логистических системах. Потоки данных в цифровой логистике сопровождаются материальным потоком и являются важным звеном для предприятия, которое связывает снабжение, производство и сбыт. Цифровая логистика контроллирует все процессы перемещения и складирования товаров на предприятиях, позволяя обеспечить своевременную доставку в необходимом количестве, комплектации, качестве, с точки их вывоза в точку потребления, с минимальными расходами и оптимальным сервисом. [1,2] В цифровой логистике, применение современных IT технологий, таких как Big Data, IoT, поисковых систем и др. является неизбежным. Современные информационные технологий дают возможность работать с совершенно разнородными и большими объемами данных. В связи с этим, для того чтобы эффективно управлять данными и применять их для решения логистических задач не мало важную роль играет определение и моделирование потоков данных [3].

Потоки данных информационно-логистической системы

Поток данных - это движение данных через систему, состоящую из программного, аппаратного обеспечения или их комбинации. Поток данных часто определяется с помощью модели или диаграммы, в которой отображается весь процесс перемещения данных при его переходе от одного компонента к другому в программе или системе, принимая во внимание то, как он меняет форму в ходе процесса. Проектирование потоков данных осуществляется с помощью специализированного программного обеспечения, называемого диаграммами потоков данных, которые специально разработаны для графического отображения того, как данные передаются по всей системе. Диаграмма потока данных важна для архитектурного проектирования системы, поскольку она определяет, какие данные необходимы для запуска или завершения определенного процесса. Посредством использования диаграмм потоков данных система может быть разложена на подсистемы, а подсистемы могут быть далее разложены на подсистемы более низкого уровня. Каждая подсистема представляет процесс или деятельность, в которой обрабатываются данные. Как только самый низкий уровень достигнут, процессы больше не могут быть разложены.

Диаграмма потоки данных (DFD - Data Flow Diagrams) - методология графического структурного анализа, описывающая внешние по отношению к системе источники и адресаты данных, логические функции, потоки данных и хранилища данных, к которым осуществляется доступ. Диаграмма потоков данных один из основных инструментов структурного анализа и проектирования информационных систем, существовавших до широкого распространения UML. Несмотря на имеющее место в современных условиях смещение акцентов от структурного к объектно-ориентированному подходу к анализу и проектированию систем, "старинные" структурные нотации по-прежнему широко и эффективно используются как в бизнес-анализе, так и в анализе информационных систем [4].

Информационная система принимает извне потоки данных. Для обозначения элементов среды функционирования системы используется понятие внешней сущности. Внутри системы существуют процессы преобразования информации, порождающие новые потоки данных. Потоки данных могут поступать на вход к другим процессам, помещаться (и извлекаться) в накопители данных, передаваться к внешним сущностям.

Модель потока данных - это схематическое представление потока и обмена информацией в системе. Модели потока данных используются для графического представления потока данных в информационной системе путем описания процессов, связанных с передачей данных из входных данных в хранилище файлов и генерацией отчетов [5]. Модель DFD, как и большинство других структурных моделей - иерархическая модель. Каждый процесс может быть подвергнут декомпозиции, то есть разбиению на структурные составляющие, отношения между которыми в той же нотации могут быть показаны на отдельной диаграмме. Когда достигнута требуемая глубина декомпозиции - процесс нижнего уровня сопровождается мини-спецификацией (текстовым описанием).

В данной статье мы рассматриваем потоки данных информационной платформы логистики. Информационная платформа логистики состоит из следующих модулей: модуль регистрации и авторизации, модуль личных кабинетов, площадка продажа товаров (интернет магазин), модуль формирования заказов, модуль онлайн оплаты, модуль приема заказов для доставки, модуль доставки, модуль учета и контроля движения товаров и т.д. Функциональная взаимосвязи компонентов информационной системы логистики представлен на рисунке 1.

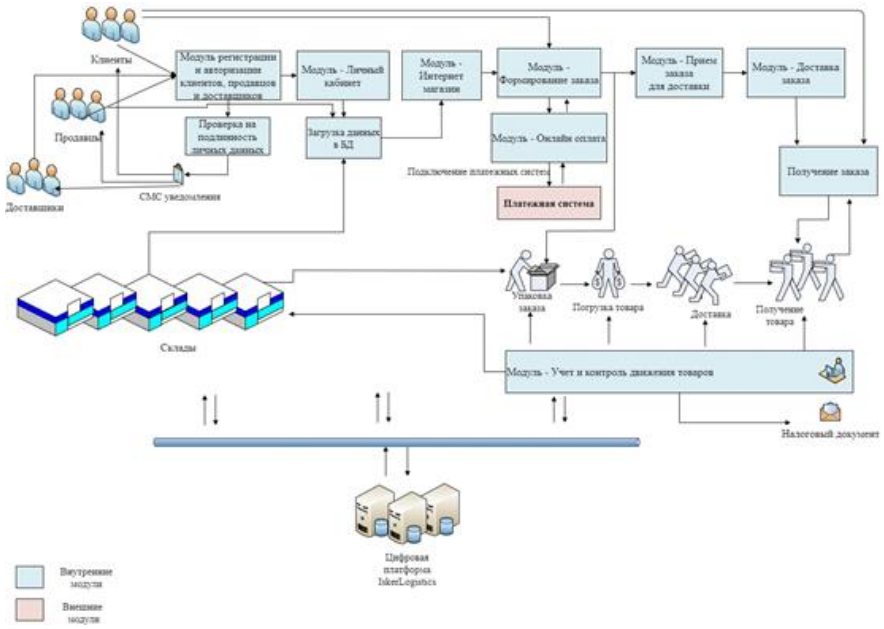


Рис. 1. Функциональная архитектура системы

Цифровой склад состоит из следующих процессов:
- Планировать поставки товаров;
- Согласовывать с поставщиками;
- Принимать товаров;
- Разместить товаров по складу
- Получить заявки от магазинов/клиентов;
- Обработать заявки;
- Комплектовать заявки;
- Упаковывать товаров;
- Отправить заявки/товаров.

Диаграмма потоков данных по складскому хозяйству представлен на рисунке 2.

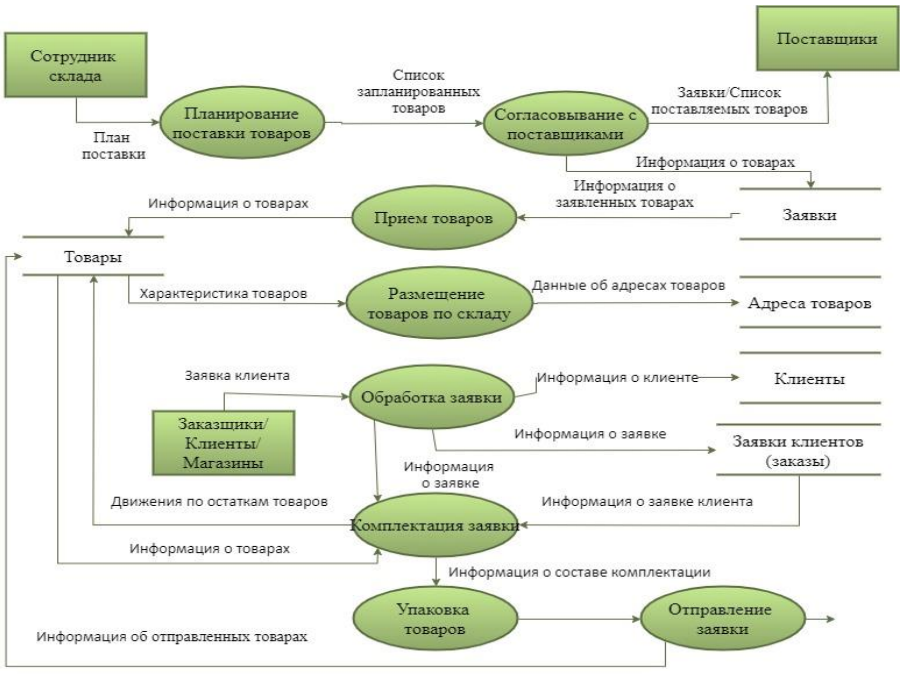


Рис. 2. Диаграмма потоков данных по складскому хозяйству

Продажа товаров в интернет магазине состоит из следующих процессов:

- Регистрация/авторизация пользователей в систему;
- Загрузить товаров в систему;
- Заказать товаров;
- Добавить заказа в корзину;
- Оплатить заказа;
- Отправить заказа на доставку. В данной системе предусматриваются два типа доставки: использовать услуги доставки и самовывоз.
- Диаграмма потоки данных интернет магазина представлен на рисунке 3.

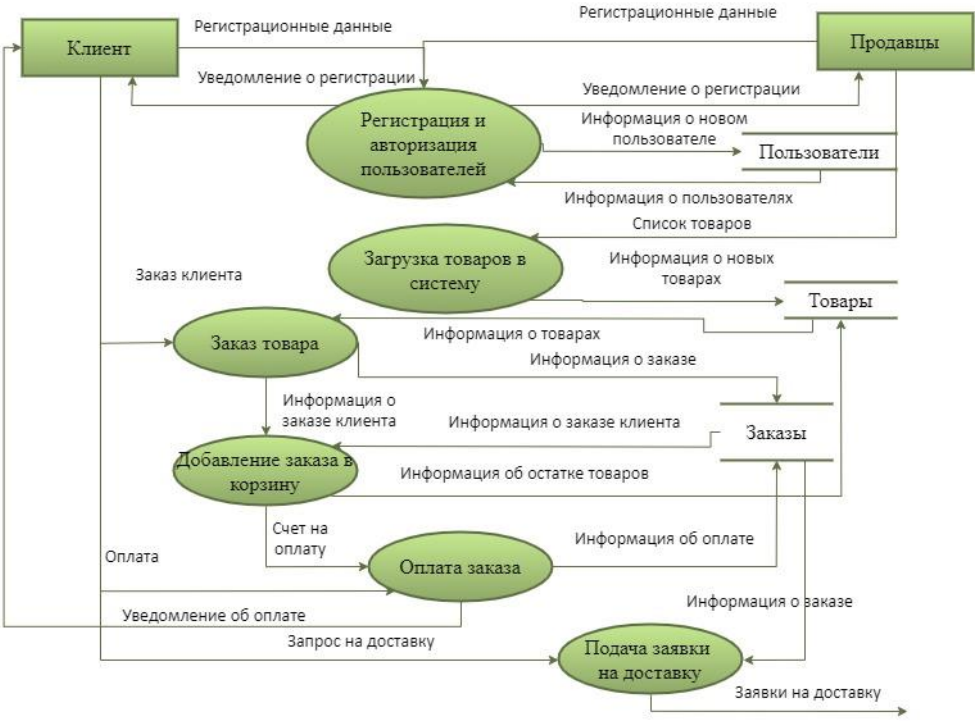


Рис. 3. Диаграмма потоков данных интернет магазина

Процессов доставки заказов/товаров можно условна разделить на две групп процессов: процессы принятия заявок на логистические услуги и процессы организаций доставки товаров. Процессы доставки заказов:

- Регистрация клиента в систему. В данном случае клиент может быть зарегистрированное лицо в интернет магазине, а также может быть лицо которое хочет использовать только услуги доставки;
- Подать заяки на доставку.
- Формировывать заявки на доставку по оплаченным заказам (список заказаов на доставку). После оплаты заявки поступают доставщикам как заказы на доставку;
- Упаковывать товаров. Упаковка производится соответсвенно по заказу клиента по специфическим и техническим характеристикам товаров для целостности и сохранности заказа до приема клиентом;
- Регистрация доставщика на систему. При регистрации автоматический создается личный кабинет доставщика;
- Принимать заказов на доставку (закрепляется заявки доставщику и формируется путевк доставки);
- Определить оптимального маршрута доставки и доставка товара до пункта назначения.
- Принимать заказа/товаров;
- Закрыть заказа.

Диаграмма потоки данных по доставке товаров представлен в рисунке 3.

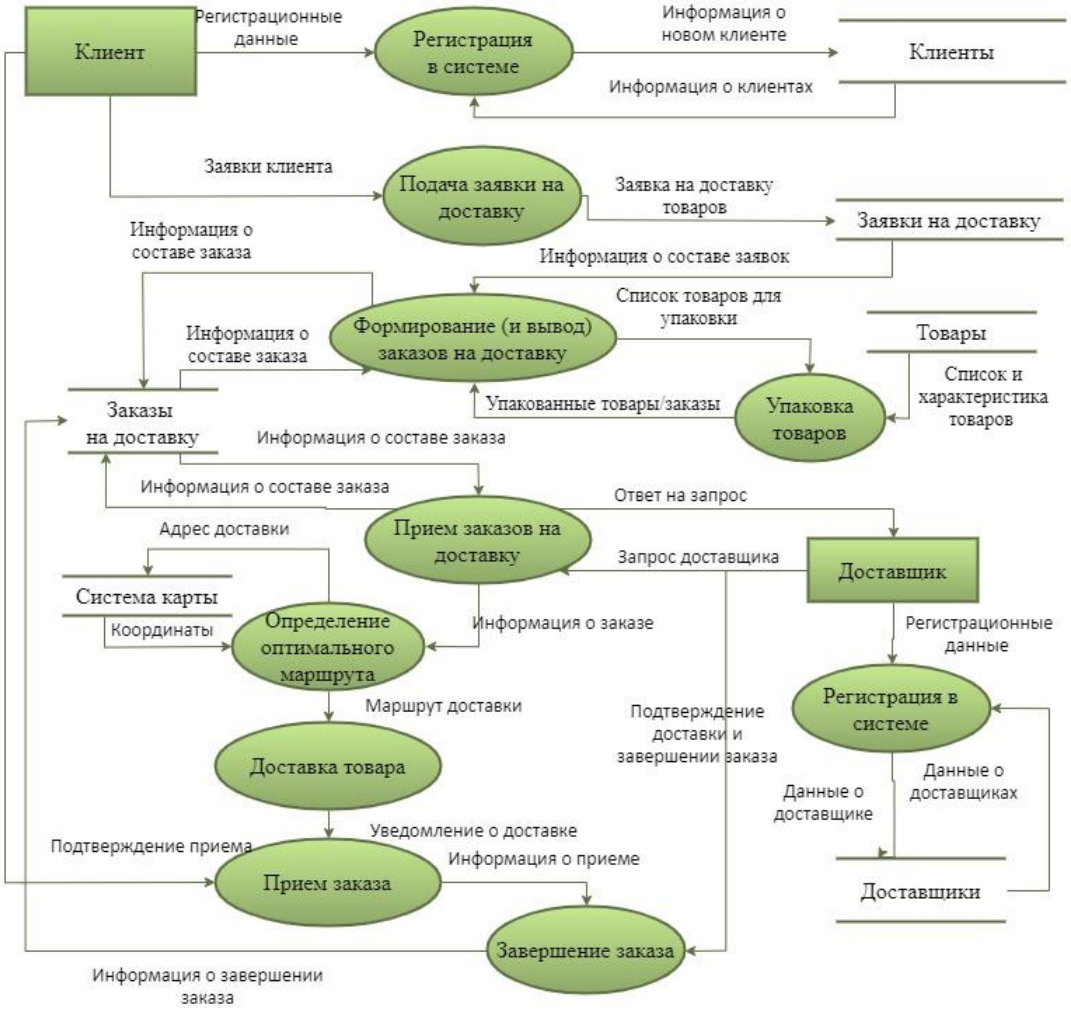


Рис. 4. Диаграмма потоков данных системы доставки товаров

Заключение

В данной работе представлены потоки данных логистической системы. Для определения движения материальных потоков и процессов в информационно-логистической системе, создана функциональная архитектура системы. Для детального представления движения данных в приведенной архитектуре, потоки данных разделены на три части и представлены в виде DFD диаграмм (Data Flow Diagrams): диаграмма потоков данных по складскому хозяйству, диаграмма потоков данных интернет магазина и диаграмма потоков данных системы доставки товаров.

ЛИТЕРАТУРА

[1] И. Д. Бекмурзаев, А. Х. Курбанов, Т. Х. Курбанов, Экономические и социально-гуманитарные исследования № 4 (20) 2018.

[2] Грибанов Ю.И., Цифровая трансформация социально-экономических систем на основе развития института сервисной интеграции, диссертация на соискание степени доктора экономических наук, Санк-Петербург 2019

[3] Tawfik Borgi, Nesrine Zoghlami, Mourad Abed, Big Data for Transport and Logistics : A Review, 2017 International Conference on Advanced Systems and Electric Technologies (IC_ASET), DOI: 10.1109/ASET.2017.7983742

[4] Вылегжанина А.О., Прикладные информационные технологии в экономике: Учебное пособие, М., Берли: Директ-Медиа, 2016. – 243 стр.

[5] Irina Makarova, Ksenia Shubenkova, Anton Pashkevich, Logistical Costs Minimization for Delivery of Shot Lots by using Logistical Information Systems, Procedia Engineering, Volume 178, 2017, Pages 330-339

[6] Techopedia - The IT Education Site https://www.techopedia.com/definition/6743/dataflow

[7] Хелпикс.Орг - Интернет помощник // https://helpiks.org/7-32909.html Дата доступа 12.03.2020г.

А.А. Куандыков, Н.К. Мукажанов, А.М. Толегенов

Ақпараттық-логистикалық жүйенің деректер ағыны

Түйіндеме. Жұмыста ақпараттық-логистикалық жүйенің деректер ағындарының қозғалысы қарастырылады. Сондай-ақ, бұл ағындар үш бөлікке бөлінеді: қойма жүйесі, интернет-дүкен және тауарларды түпкілікті тұтынушыға жеткізу жүйесі. Келесі Модульдер сипатталған: тіркеу және авторизациялау модулі, жеке кабинеттер модулі, тауарларды сату алаңы (интернет-дүкен), тапсырыстарды қалыптастыру модулі, онлайн төлем модулі, жеткізу үшін тапсырыстарды қабылдау модулі, жеткізу модулі, тауарлардың қозғалысын есепке алу және бақылау модулі.

[1,2]N.K. Smailov, [1]E.A. Orazbekov, [1]Zh.R. Ualiev, [1,2]S.Zh. Koshkinbayev, [2]A.O. Kabdoldina, [2]M.M. Baigulbayeva

([1]Satbayev University, Almaty, Republic of Kazakhstan,
[2]U.A.Dzholdasbekov Institute of Mechanics and mechanical Engineering Republic of Kazakhstan e-mail: nur_aly.kz@mail.ru, zh-u@mail.ru, Moty_nurik@mail.ru,)

METHODS OF BUILDING ACCESS NETWORKS USING FIBER OPTIC SOLUTIONS

Annotation. The paper presents a technical solution that provides increased efficiency of the subscriber segment for passive optical networks (Passive Optical Networks - PON). A virtual topological scheme, a routing algorithm was developed, and quantitative indicators of the transmission quality were calculated. The problem of network topology optimization is solved, the correctness of the accepted assumptions is investigated. The research examines new design, technological and schematic solutions for expanding the temperature and measurement ranges, as well as prototypes of fiber-optic sensors and measuring equipment fiber-optic sensors and mathematical physics, mathematical models and ways to solve new structural and technological solutions.

Keywords: electronic multi-channel, signal processing logic, passive optical network, wavelength conversion.

[1,2]Н.К Смайлов, [1]Е.А. Оразбеков, [1]Ж.Р. Уалиев, [1,2]С.Ж Көшкінбаев, [2]А.О Кабдолдина, [2]М.М Байгулбаева.

([1]Satbayev University, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы,
[2]Академик О.А. Жолдасбеков атындағы механики және машинатану институты, Алматы қаласы, Қазақстан Республикасы, e-mail: nur_aly.kz@mail.ru)

ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ РҰҚСАТ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ

Түйіндеме. Жұмыста пассивті оптикалық желілердің (Passive Optical Networks - PON) абоненттік сегментінің тиімділігін арттыратын техникалық шешім ұсынылған. Виртуалды топологиялық схема, маршруттау алгоритмі жасалды, беріліс сапасының сандық көрсеткіштері есептелді. Желілік топологияны оңтайландыру мәселесі шешілді, қабылданған болжамдардың дұрыстығы зерттелді. Зерттеу барысында температурасы мен өлшеу диапазондарын кеңейтуге арналған жаңа құрылымдық, технологиялық және схемалық шешімдер, сонымен қатар ТОС тәжірибелік үлгілері және ТОС өлшеу жабдықтары мен математикалық физика, математикалық модельдер мен жаңа құрылымдық-технологиялық шешімдерді шешу жолдары тоерия ретінде қарастырылады.

Түйін сөздер: электрондық көп арналылық, сигналдарды өңдеу логикасы, пассивті оптикалық желі, толқын ұзындығын түрлендіру.

Кіріспе

Берілген жүйенің жылдамдығын, көлемін ұлғайту, техникалық қолдану салалары мен тиімділігін кеңейту мақсатында саланың алға қойған жаңа техникалық міндеттері желіні жобалау, басқару және басқару принциптерін модельдеу, кейін оңтайландыру және қайта қарау қажеттілігіне әкеледі. Осыған байланысты талшықты-оптикалық беріліс жүйелерін жобалау мен есептеудің жаңа инженерлік әдістерін құру, сонымен қатар MAN үшін желілік элементтердің өзара әрекеттесу процестерін, оларды құру мен модернизациялау принциптерін оңтайландыру әдістерін жасау өзекті

техникалық міндет болып табылады. Ал қарастырылатын процестерге MAN-ның техникалық жұмысын, жабдықтың қасиеттері мен әсер етуші факторларды ескере отырып модельдеу әдістерін құру - перспективалы ғылыми бағыт ретінде қарастырылады. Мақала жаңа математикалық модельдерді, есептеу әдістерін және қалалық масштабтағы талшықты-оптикалық желілерді модельдерін, олардың тиімділігін арттыруға арналған.

Негізгі бөлім

Заманауи инфокоммуникациядағы бағдарламалық құралдар кеңінен қолданылуына қарамастан, келесі буын желілерін құруда екі бірдей бағыт бар. Олардың бірі икемді қоммутаторды пайдалануға негізделген және сәйкесінше желіні басқарудың бірқатар міндеттерін аппараттық шешуге негізделген, екіншісі бағдарламалық басқарылатын мультимедиялық платформаны қолдануға және бағдарламалық қамтамасыз етудің негізінде желілік мәселелерді шешуге негізделген. IMS қолдану неғұрлым ыңғайлы және болашағы зор шешім болып көрінетін болғанымен, желілік процестердің нақты тәжірибесі басқаша көрсетеді – желіде IP процестерімен, соның ішінде компьютерлік жүйенің жадына бірнеше рет қол жетімділікті қосумен байланысты шамадан тыс жүктеме пайда болады. Телекоммуникация жүйесінің тиімділігін бағдарламалық қамтамасыздандыру жұмысының бір бөлігін аппараттық деңгейге ауыстыру, яғни тапсырма орындалатын желінің деңгейін төмендету арқылы ғана арттыруға болады. Бұл сондай-ақ пакетті жылжыту функциялары орындалатын желінің деңгейін төмендету арқылы желінің жоғарылау өнімділігін қамтамасыз ететін протоколға (MPLS) тәуелді емес коммутация режимін енгізудің сәттілігі мен кеңдігін растайды.

Желілік басқаруға «аппараттық» операцияларды тарту тенденциясы GPON жобаларында да байқалады.. Ағаш тәріздес конфигурациясы бар әйгілі GPON құрылымын AON типті желілерге тағайындауға болмайды, өйткені GPON-дар міндетті түрде электронды аяқталуы керек, яғни олар абоненттің жұмыс станциясына оптика әкелмейді.. Соңғысының қажеттілігі толқын ұзындығы бойымен мөрленген арналардың аздығына байланысты. Қазіргі уақытта DWDM жүйесі қалалық арнаны айтпағанда, көп арналы берілістің, тіпті шағын корпоративті желінің «таза» нысанын қамтамасыз етпейтін 160 арнаны ұсынады. Сондықтан оптикалық арналарды мультиплекстеу әдетте SDH-мен бірге қолданылады. Бір спектрлік диапазонда толқын ұзындығы бойынша 160-тан астам сығылған арналар санының ұлғаюы сөзсіз каналдың ені мен канал аралықтарының тарылуына әкеледі. Бұл өз кезегінде пайдаланылатын техникалық құралдарды сақтай отырып, арна сигналдарының өзара бұрмалануына әкеледі.

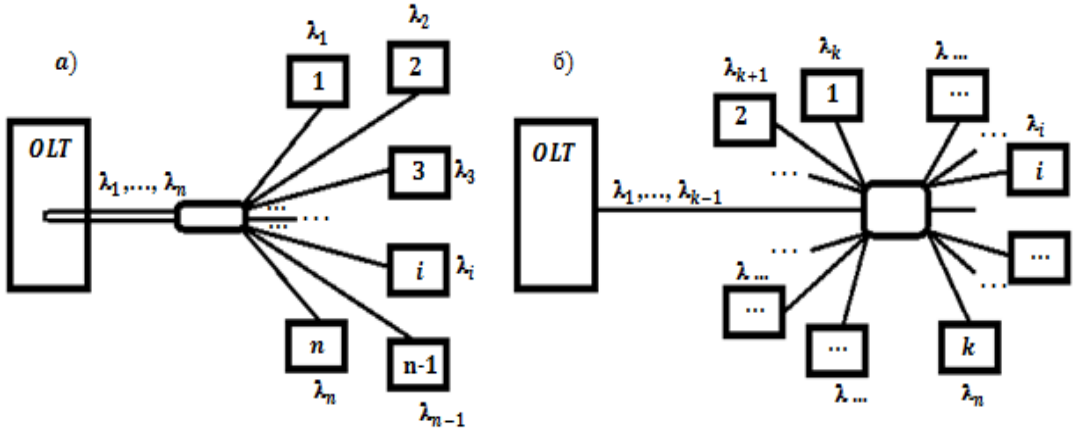
Оптикалық желінің функционалдығын сипаттайтын тәуелсіз арналардың саны, бұл абоненттердің санын ғана емес, сонымен қатар желіні көп қызметті ететін тәуелсіз қызметтер санын да көрсетеді. Мысалы, Triply Play қызметтерінің келесі ұрпағы бір мезгілде бейне, дауыстық және деректер байланысын қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта, телекоммуникациялық жабдық өндірушілерінің оптикалық технологияларды кеңінен енгізу туралы кең көлемді мәлімдемесіне қарамастан, электронды құралдардың көмегімен кең жолақты таратудың едәуір кеңеюіне қол жеткізілді. Көп арналы желіге электронды құралдарды қолдану арқылы қол жеткізіледі немесе «электронды көп арналылық» бар деп айта аламыз.

GMPLS аясында жүзеге асырылатын және желіні бірнеше доменге айналдыруға мүмкіндік беретін A-коммутация белгілі бір дәрежеде желінің функционалдығын арттыруға мүмкіндік береді. Сонымен, бүгінгі таңдалған мағынада A-коммутациясының мәні басқа сегменттер бойынша бірізділікпен өтетін сигналдың толқын ұзындығын қайта құрылымдауды білдіреді, осылайша оның мәні осы байланыстағы басқа сигналдың толқынымен сәйкес келмейді. Таратудың бұл опциясы физикалық деңгейде толқын ұзындығы түрлендіргіштерін және жоғары «ойлау» бағыттаушы құрылғыларды қолдануды қажет етеді, бұл желідегі арналарды толқын ұзындығы бойынша сығуды пайдалануға мүмкіндік береді, бірақ абоненттердің жалпы санын көбейте алмайды.

Осылайша, өзекті мәселе ретінде- оптикалық эффектілер желілік операцияларды орындауға қатысқан және желінің оптикалық бөлігінің дамуы физикалық және жоғары OSI деңгейлерінде қолданылған жағдайда кең жолақты беруді қамтамасыз ету мүмкіндігін зерттеу болып табылады. Мұнда желінің оптикалық бөлігінің дамуы аппараттық функциялардың электронды құрылғылардан оптикалық құрылғыларға берілуін, сондай-ақ абонентке қарай оптикаға физикалық сызықты ғана емес, сонымен қатар сигналдарды өңдеу логикасын да кеңейтуді білдіреді.

Дәстүрлі GPON схемасына сәйкес (1-сурет) теледидар қызметтерін ұсыну, деректерді немесе дауысты OLT-ден жоғары орналасқан басқа желілік сегменттерге беру өте ыңғайлы, егер, әрине, арналардың саны жеткілікті болса. Егер көршілес PON абоненттері бір-бірімен байланысқысы келсе, онда сигнал қайтадан OLT арқылы өтуі керек, бұл желілік ресурстарды тиімсіз пайдалануға әкеледі (1, а-суреттегі сигнал беру бағытын қараңыз).

Ішінара түсіру OLT мәселесін шешу үшін IxN сплиттерін жұлдыз тәрізді NxN түріне ауыстыру ұсынылады (1, б-сурет). Бұл жағдайда, егер ресурстар саны жеткілікті болса, сіз OLT-мен өзара әрекеттесуді және торап сегментінің абоненттері арасында орталық түйіннің ресурстарын пайдаланбай-ақ пайдалана аласыз.



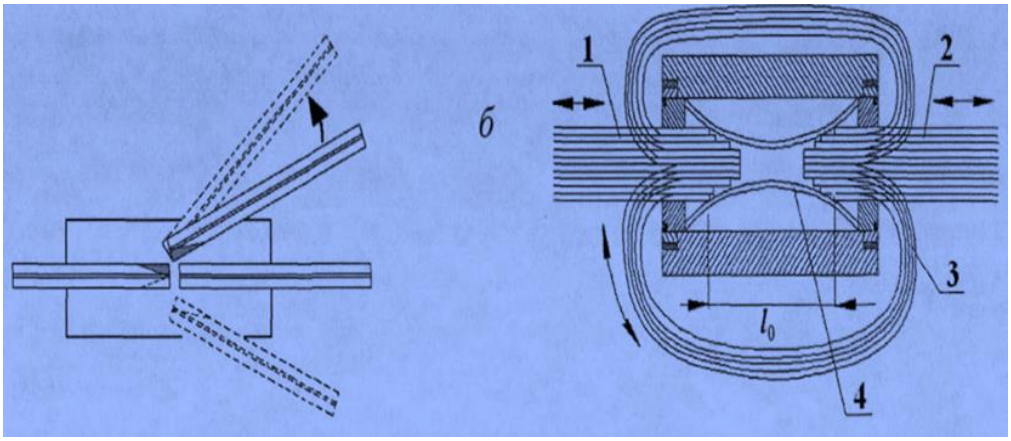
1-сурет - Пассивті оптикалық желінің абоненттік бөлігінің қосылу диаграммасы:
а - дәстүрлі ағаштәріздес GPON; b - ұсынылған конфигурация «GPON-жұлдыз», онда толқындардың «бірінші сызығы» X¡ ... Xt- \ (мәндердің толық жиынтығынан) OLT-мен өзара әрекеттесу үшін қолданылады; және толқын ұзындығының «екінші сызығы» X ^ ... Xn - желі сегментінің абоненттері арасындағы өзара әрекеттесу үшін.

Сплиттер барлық толқын ұзындығын бірдей тарату коэффициенттерімен барлық арналарға береді деп қабылданады, ал қабылданған арналарды таңдауды абоненттер мен OLT жабдықтары жүзеге асырады, ал екінші жағдайда кіріс X ^ ... Xn жай ескерілмейді.

Егер ағаштәріздес GPON-ға арналған сплиттер классикалық схемаға сәйкес орындалса, яғни шанышқылы оптикалық талшықтардың ұштарын тегістеп және оларды тиісті бұрыштарға орналастыра отырып (2-сурет, а), онда типтік желі үшін (2-сурет, б) сплиттер деп аталатын араластырғыш қолданылуы керек.

Классикалық схема бойынша жасалған сплиттерді (2-сурет, а) желінің абоненттік бөлігінің жұлдыз тәрізді топологиясы жағдайында қолдануға болмайды, өйткені сигналдың динамикалық ауқымы едәуір азаяды. Соңғысы, мұндай беріліс тікелей берілумен емес, сплиттер арқылы кері таратумен, сәйкесінше, берілу коэффициентінің төмендеуімен байланысты.

Суретте көрсетілген желі үшін, ресурстың бір бөлігі толқын ұзындығы бойынша абоненттер арасындағы автоматты телефон станциясын пайдаланбай байланыста болса, абоненттік сегментте А-коммутаторы арқылы желі толығымен оптикалық деп айтуға болады. Қарастырылып отырған схемада осындай корпоративті трансферді қамтамасыз ету үшін, әйгілі Rainbow хаттамасын, бұл жағдайда А-коммутация режимін қолдана аласыз. Сонымен, әр абоненттің қабылдағышы тек ол үшін көрсетілген X-ні қабылдай алады, яғни оның жеңіл мекен-жайы, сонымен қатар Xb ... Xn рұқсат етілген диапазонында баптау, толтыру үшін басқа толқын ұзындығын қолдана алады.



2-сурет - Пассивті оптикалық желілерге арналған бөлгіштердің иллюстрациясы.
a - U-сплиттері үшін дәстүрлі түрде жасалған сплиттер; b - жарықтандырудың барлық кіріс және шығыс бағыттары бар оптикалық түрде біркелкі жалғанған, толқындарды басқаратын орталық элементі бар араластырғыш; 1 және 2 - ұштары жылтыратылған және шағылыстыратын жабындысы бар жарық және кіріс бағыттаушы каналдар; 3 - араластыру әсерін жақсартуға арналған қосымша бағыттаушы арна; 4 - профильді араластырғыш. Араластырғыштағы және қосымша арнадағы кіріс каналынан келетін сәулелердің шағылысуы салдарынан құрылғы іргелес арнаға тарата алады.. Араластырғыш оптикалық талшықтарының ұштарын орналастыру, сонымен қатар араластырғыштың конфигурациясы ондағы радиацияның біркелкі таралуын қамтамасыз етеді.

Егер нөмірі 2-абонент абонентке 1-нөмірі бар хабарлама жібергісі келсе, хабарламаның электрондық форматына қарамастан, 2-абоненттің таратқышы X-ге қойылады, содан кейін тарату жүзеге асырылады. Сонымен қатар, абонент алған 1 хабарламаны талдау нәтижесінде, электронды форматқа аударылғаннан кейін, жіберушінің мекен-жайы оқылады. Әлбетте, 1-ден 2-ге дейін жеткізу бірдей жолмен жүзеге асырылады. Бірақ «Rainbow» протоколында кемшіліктер бар, олар сегментте соқтығысуы мүмкін.

Суретте көрсетілгендей электрондық басқару желісінің құрылғыларынсыз тарату жүйесінің кемшілігі - PON ресурстарына қатысты қызмет көрсетілетін абоненттердің өте аз саны. Шынында да, егер толқын ұзындығының «бірінші жолында» екі теледидар арнасы бар болса, онда барлық абоненттерге L.1 және L-2 таратылады, ал қалған бөлігі OLT мен абоненттер арасында деректерге немесе IP-дауысты беруге арналған, «екінші жол» «Абоненттердің өзара әрекеттесуі үшін пайдаланылады, ал тәуелсіз арналардың жалпы саны 160-тан аспайды, содан кейін қажетті k тең болады: k = 79.

Қорытынды

Оптикалық талшықтар негізінде құрастырылып таратылытын абоненттік сегменттің оңтайлы параметрлерін анықтау үшін жұлдыз тәрізді пассивті оптикалық желі үшін бірқатар желі параметрлерінің өзгеру сипаты зерттелді. Талшықты-оптикалық аралас қысым мен температура сенсорларын жасаудың технологиялары мен теориялық және практикалық сұрақтары қарастырылады

Оптикалық талшықтар көмегімен таратылытын абоненттердің өзара әрекеті толқын ұзындығымен ерекшеленетін жеке адресті таңдауға мүмкіндік беретін таратқыштың толқын ұзындығын баптау арқылы жүзеге асырылады деп болжалды. Ықтимал қақтығыстарды жою үшін берілу мүмкіндігі туралы қосымша сұранысты пайдалану ұсынылды. Абоненттік жабдықтың күйінде болатын тепе-теңдік жағдайы үшін желі параметрлеріне сандық талдау жүргізілді. Бұл жеңілдету Колмогоров теңдеулерін шешу және математикалық модельдерін қолдана отырып жүйені зерттеу көптеген мемлекеттерге байланысты өте көп уақытты қажет ететіндігімен байланысты. Бұл жүйелік параметрлер бойынша қатынастарды алуға мүмкіндік береді, әрі қарай сандық зерттеулерді жеңілдетеді және нақтылайды.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Галагер Р. Теория информации и надежная связь. США, 1968 г. Пер. с англ., под ред. М.С.Пинскера, Б.С.Цыбакова, М.: Советствкое радио, 1974. - 720 бет.

[2] Mukherjee B. Optical Communication Networks. - Mc.Graw-Hill, 2005.
[3] Сети следующего поколения NGN / под ред. А.В. Рослякова. - М.: Эко- Трендз, 2008. - 424 бет.
[4] Теория электрической связи / А. Г. Зюко, Д. Д. Кловский, В.И. Коржик, М.В. Назаров; Под ред. Д.Д. Кловского. - М.: Радио и связь, 1998.- 432 бет.
[5] Линдсей В. Системы синхронизации в связи и управлении. Пер. с англ. Под. Ред. Ю.Н. Бакаева, М.В. Капранова. М.: Советское радио, 1972. - 600 бет.
[6] Современные компьютерные сети. 2-е изд. / В. Столлингс. — СПб.: Питер, 2003.-783 бет.
[7] Вишневский В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. -М.: Издательство Техносфера, 2003. - 512 бет.
[8] Донн Аннабел 3. Мир телекоммуникаций. Обзор технологий и отрасли / Пер. с англ. -М.: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2002. - 400 бет.
[9] Ершов В.А., Кузнецов Н.А. Мультисервисные телекоммуникационные се¬ти. - М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. - 432 бет.
[10] Волоконно-оптическая техника: история, достижения, перспективы / Сборник статей под ред. Дмитриева С. А\, Слепова Н. Н. — М.: Издательство «Connect», 2000. - 376 бет.

Смайлов Н.К., Оразбеков Е.А, Уалиев Ж.Р., Көшкінбаев С.Ж·, Кабдолдина А.О., Байгулбаева М.М.

Методы построения сетей доступа с применением волоконно-оптических решений

Аннотация. В работе представлено техническое решение, обеспечивающее повышение эффективности работы абонентского сегмента для пассивных оптических сетей (Passive Optical Networks - PON). Разработана виртуальная топологическая схема, алгоритм маршрутизации, выполнен расчёт количественных показателей качества передачи. Решена задача оптимизации сетевой топологии, исследована корректность принятых допущений. В ходе исследования рассматриваются новые конструктивные, технологические и схематические решения для расширения температуры и диапазонов измерений, а также опытные образцы ВОС и измерительное оборудование ВОС и математическая физика, математические модели и пути решения новых структурно-технологических решений.

Ключевые слова: электронная многоканальность, логика обработки сигнала, пассивная оптическая сеть, конвертация длины волны.

UDK 004.9

Kemelbekova Zh.S., Sembiyev O.Z., Umarova Zh.R. Kozhabekova A,E.
(M.Auezov South-Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan
e-mail: kemel_zhan@mail.ru)

DEVELOPMENT THE ALGORITHM FOR OPTIMAL ALLOCATION OF ASYNCHRONOUS NETWORK RESOURCES

Abstract. This article discussed the basic principle of the adaptive algorithm, which allows to optimally distribute channel resources between the channel switching subnets and packet switching as part of an asynchronous network. The basis of this principle is the method for solving the optimization problem, which calculates such as the probability of servicing the input load, the probability of loss of the input load, the probability of loss between a pair of nodes, as well as the calculation of the missed load along the entire path tree. The algorithm was created for a broadband digital network with service integration based on ATM technology, where the flow distribution is set by a route matrix, and the load distribution between nodes of each pair of nodes is made by a path tree obtained from the route matrix when calculating this pair.

Keywords: asynchronous network, channel switching, packet switching, algorithm, computer networks.

Introduction. In the process of analyzing and synthesizing a network, the problem of calculating the quality of service parameters of an asynchronous network is of greatest interest to designers, since solving this problem can significantly increase network performance, prevent network failures during network congestion, and determine optimal bypass directions for traffic transmission. The design calculation of the quality of service parameters of an asynchronous network is necessary, since the complexity of its configuration, as well as its operation in real time and in interactive mode, greatly reduces the ability to intuitively evaluate the performance of an asynchronous network. The inability to achieve design capacity in a real-life asynchronous network is due to a lack of understanding at the design stage of the characteristics of the future workload and its interaction with system components [1-4].

Currently, most methods for assessing the quality of user service on communication networks used in the design either consider the problem in relation to one-dimensional traffic or do not take into account the influence of a finite number of load sources. This limits their use in solving design problems of multiservice networks, including in areas of subscriber access networks [5,6].

The basic criterion of estimation of work of the system with losses is probability of refuse (probability of blocking) . Blocking is name the mechanism of organization of the controlled access of objects to the together used resource. Meantime, there is duality in this determination. From one side, blocking is procedure preventing undesirable situations. On the other hand, blocking is name the unpleasant situation already folded in the system or network [7-9].

The systems with expectation are estimated by the timeout of beginning of service. It is sometimes desirable to estimate mean time of expectation, while in other cases greater interest presents probability that a timeout will exceed some set value [10-13].

One of measures of carrying capacity of network is a volume of loading served for some period of time. Thus the carrying capacity of the system depending on the examined task is determined by the number of executable commands in a second, tasks per hour etc. The carrying capacity of communication network is determined by the number of blocks of the data passed to time unit. Under the block of data the sequence of symbols of the fixed length, used for presentation of data or independently passed to the informative network, is understood. Taking into account these explanations a volume of loading is, essentially, by the sum of all durations of employment during this period of time [14,15]. More useful measure is intensity of loading (named also the thread of loading). Intensity of loading turns out the division of volume of loading on length of interval of time during that he is measured. Thus, intensity of loading is middle activity for some period of time. Although intensity of loading fundamentally a dimensionless size (time divided for a time), it usually, is expressed in Erlang (Erl) [16].

We will notice that intensity of loading is only the measure of the middle use for some period of time and does not reflect connection between the receipt of calls and durations of employment. In other words, large number of calls with small duration of employment can create loading of the same intensity, as well as less number of calls with greater duration of employment. In many cases subsequent analysis results depend only on intensity of loading. However in some other cases results depend also on certain character of receipt of calls and type of distributions of duration of employment [17-18].

When calculating the total loads (arriving at each branch, missed by each branch and excessive for this branch), we will limit ourselves to finding the total load skipped by the branch. As will be shown below, this is mainly due to the construction for the digital network with the integration of the services of the optimization task of finding the set of $p_{ik}(j)$ loss probabilities. In turn, through the $p_{ik}(j)$ values it is easy to determine the total load: both incoming to each branch, and excess for it. All the calculations of the total load skipped by the branch are carried out in two stages. In the process of exchange between nodes, the first condition from all possible paths excludes unacceptable cyclic routes, the presence of which on the subnetwork of the CS leads to the occurrence of circulating loads. The second condition for each node limits the number of all possible outgoing directions. The CS subnet management system usually involves one main direction (straight path) and up to four bypass directions [19]. Finally, the third condition restricts the choice of the path according to the number of transit sections between pairs of nodes. In the future, only permissible ways of transferring loads will be understood as paths.

Method. When solving the problem of finding optimal statistical parameters of service quality, a broadband digital network with integration of services, we will assume that for each pair of nodes, the set of allowable transmission paths is determined by known adaptive routing methods [20]. This means that, in accordance with the given route matrices, it is always possible to extract from the graph G an oriented graph $G(j) = \{V(j); L(j)\}$, which maps all the transmission paths of loads destined for address j only, at that $V(j) \subseteq V, L(j) \subseteq L$.

At the second stage of the calculation of the total flow skipped by the branch, the distribution of the input loads along the outgoing directions of the transmission paths is carried out, in this case, the direct path to the destination node, if available and free, is first chosen. If the direct path is busy or if it is not available, the load is sent along one of the directions of the workaround, the order of which can be determined by the number of transits (in the first place, the routes with less transit traffic). This procedure for selecting outgoing directions is used for both the initial node and all the incoming transmission paths. The distribution

starts from the initial node to all transit nodes and ends at the destination node, while the missed load of a branch entering a node is also an input load for it.

When the input streams are distributed along the branches of the transmission paths, node loads are formed on the nodes, based on their definition, all values $t_i(j)$ satisfy the following system of equations:

$$t_i(j) = r_i(j) + \sum_l t_l(j)\varphi_{li}(j)[1 - p_{li(j)}], \qquad \forall i, j, l \in V(j), \tag{1}$$

Then the total intensity of the load skipped by the branch of the CS subnet is determined by the formula:

$$g_{ik} = \sum_j t_i(j)\varphi_{ik}(j)[1 - p_{ik(j)}]. \tag{2}$$

Due to the fact that the channel switching subnet under consideration is represented by a system with obvious losses, the quality of customer service on it will be estimated by the probability of load loss between nodes [21].

Let's $P_i(j)$ – current probability of call loss between a pair of nodes i and j. Then the value $Q_i(j) = 1 - P_i(j)$ – is a probability that the call will be served i and j. In view of the fact that for any $k \in K_i(j)$ values $p_{ik}(j)$ and $\varphi_{ik}(j)$ are taken from the interval (0;1], then the values $P_i(j)$ and $Q_i(j)$, for all $i, j \in V_i\ (j)$, respectively will belong to the intervals (0;1] and [1;0).

Let's $P_i^u(j)$ – current probability of input load loss $r_i^u(j)$ along the entire path tree $G^u(j)$ from the source node i to the destination $r_i^u(j)$ all over the tree of paths $G^u(j)$ from source node i to destination node j. Then value $Q_i^u(j) = 1 - P_i^u(j)$ represents the probability of serving the input load along paths between a pair of nodes i and j. In view of the fact that for any $k \in K_i^u(j)$ values $p_{ik}(j)$ and $\varphi_{ik}(j)$ are taken from interval (0;1], then values $P_i^u(j)$ and $Q_i^u(j)$, for any $i, j \in V^u(j)$, respectively will belong to the intervals (0;1] and [1;0).

The following theorem is proved.

Theorem 1. If there $k \in K_i^u(j)$ outgoing from i node directions in the path tree $G^u(j)$, the probability of servicing the input load $r_i^u(j)$ is determined by the formula

$$1 - P_i^u(j) = \sum_{k \in K_i^u(j)} h_{ik}(j)[1 - P_k^u(j)]. \tag{1}$$

Evidence. Let's $A_i^u(k, j)$ – the event that the load will be serviced throughout the path tree $G^u(j)$ between the nodes i and j, and containing the branch (ik). The event $A_i^u(k, j)$ is equal to combining two events: $A_{ik}^u(j)$ – load $r_i^u(j)$ is served by a branch (ik) and $A_k^u(j)$ – load $r_i^u(j)$ is served all the way between nodes k, j. Obviously the event $A_k^u(j)$ only takes place when an event occurs $A_{ik}^u(j)$. Thus, the probability of an event $A_i(k; j)$ is equal

$$Q(A_i^u(k, j)) = Q(A_{ik}^u(j) \cdot A_k^u(j)) = Q(A_{ik}^u(j)) \cdot Q(A_k^u(j) / A_{ik}^u(j)) \tag{2}$$

Where $Q(A_k^u(j) / A_{ik}^u(j))$ conditional probability of an event $A_k^u(j)$. Given that $Q(A_k^u(j) / A_{ik}^u(j)) = Q_k^u(j) = 1 - P_k^u(j)$ and a-priory $\varphi_{ik}(j)$ follow, that $Q(A_{ik}^u(j)) = \varphi_{ik}(j)\left[1 - P_{ik}(j)\right]$),

then the expression takes the form $Q(A_{ik}^u(j)) = \varphi_{ik}(j)[1-p_{ik}(j)]\cdot[1-P_k^u(j)]$. For any $k \in K_i^u(j)$ outgoing from node i directions could be used he probability addition formula

$$Q_i^u(j) = \sum_{k\in K_i^u(j)} Q_i(A_i^u(k,j)) = \sum_{k\in K_i^u(j)} \varphi_{ik}(j)\cdot[1-p_{ik}(j)]\cdot[1-P_k(j)]$$

Given the ratio, and also that, $Q_i^u(j) = 1-P_i^u(j)$, finally get

$$1-P_i^u(j) = \sum_{k\in K_i^u(j)} h_{ik}(j)[1-P_k^u(j)].$$

the theorem is proved.

Note that for all branches (ik) inequality holds $P_i^u(j) > P_k^u(j)$. In fact, since cyclic routes are excluded between each pair of nodes i and j and node i this address is the root node of the path tree G^u, each path from node i to j, passing through node k, is differ from all paths between the pair of nodes k, j only by a branch (ik). In this case, the losses $P_i^u(j)$ will be proportionally reduced by the magnitude of the branch losses (ik) and thereby $P_i^u(j) > P_k^u(j)$

Theorem 2. For any $(ik) \in L^u(j)$, $i \in V^u$, $k \in K_i^u(j)$ such that $P_i^u(j) > P_k^u(j)$, the following inequality holds

$$\sum_{k\in K_i^u(j)} h_{ik}(j) \;<\; 1 \tag{3}$$

The evidence. An **i**nequality $P_i^u(j) > P_k^u(j)$ can be represented as

$$Q_k^u(j) = 1-P_k^u(j) > Q_i^u(j) = 1-P_i^u(j) \tag{4}$$

Among all $k \in K_i^u(j)$, that form the outgoing directions $(ik) \in L^u(j)$ for the path tree G^u, select the smallest

$$Q_{\min} = \min_{k\in K_i^u} [1-P_i^u(j)]$$

Since $Q_{\min} > 0$, $P_i^u(j) > 0$, $P_k^u(j) > 0$, then from the inequality can be obtained

$$1-P_i^u(j) = \sum_{k\in K_i^u(j)} h_{ik}(j)[1-P_k^u(j)] > Q_{\min} \sum_{k\in K_i^u(j)} h_{ik}(j)$$

or considering inequality (4), finally $\sum_{k\in K_i^u(j)} h_{ik}(j) = \dfrac{1-P_i^u(j)}{Q_{\min}} < 1$,

The theorem is proved.

Let's give the following definition. The load will be considered lost in the node if all temporary channels for all outgoing directions are occupied with service. Let's $\Pi_i^u(j)$ - probability of input load loss $r_i^u(j)$ in i node[17]. Then

$$П_i^u(j) = \prod_{k \in K_i^u(j)} p_{ik}(j) \tag{5}$$

Theorem 3. For all branches $(ik) \in L^u(j)$ **t**he formula is valid

$$\sum_{k \in K_i^u(j)} h_{ik}(j) = 1 - П_i^u(j). \tag{6}$$

Evidence. Arrange all directions $(ik) \in L^u(j)$. Let's a a number of chosen direction $(ik_a) \in L^u(j)$, $k_a \in K_i(j)$. Setting in (1) $k = k_a$ и $\overline{k} = k_{a-1}$, obtained $\varphi_{ik_a}(j) = \varphi_{ik_{a-1}}(j) p_{ik_{a-1}}(j)$. Then

$$\sum_{k \in K_i^u(j)} h_{ik}(j) = \sum_{k_a \in K_i^u(j)} h_{ik_a}(j) = \varphi_{ik_1}(j)(1 - p_{ik_1}(j)) + \varphi_{ik_2}(j)(1 - p_{ik_2}(j)) + \ldots +$$
$$\varphi_{ik_{s-1}}(j)(1 - p_{ik_{s-1}}(j)) + \varphi_{ik_s}(j)(1 - p_{ik_s}(j)) = \varphi_{ik_1}(j) - \varphi_{ik_1}(j) p_{ik_1}(j) + \varphi_{ik_2} -$$
$$- \varphi_{ik_2}(j) p_{ik_2}(j) + \ldots + \varphi_{ik_s}(j) - \varphi_{ik_s}(j) p_{ik_s}(j) = \varphi_{ik_1}(j) - \varphi_{ik_s}(j) \tag{7}$$

From expression (7) is obtained

$$П_i^u(j) = \prod_{k_s \in K_i^u(j)} p_{ik_s}(j) = \varphi_{ik_s}(j) p_{ik_s}(j) \tag{8}$$

Substituting the last expression in the relation (1), and also considering that $\varphi_{ik_s}(j) = 1$, was obtained equality, thereby completing the proof of the theorem.

Thus, for a given set $H = \{h_{ik}(j)\}$ on each node of the path tree, all current loss probability values are easily calculated. However, it is more convenient to determine the share of the load lost in the path tree by sequentially summing the parts of the load lost in the transit nodes of this tree. The probability of losses between a pair of nodes i and j is defined as the ratio of the load lost at all nodes of the tracks to the received one [13]. In this case, the probability of losses for the path tree between nodes i and j will be

$$P_i^u(j) = \frac{\sum_{s \in V^u(j)} r_s^u(j) П_s(j)}{r_i^u(j)} \tag{9}$$

where $V^u(j)$ - a subset of all nodes of the path tree between nodes i and j.

In conclusion could be noted following , the value $t_i(j) \cdot P_i(j)$ represents the excess load, and value $t_i(j) \cdot P_i(j)$ – the missed load along the entire length of the paths between nodes *i* and *j*.

Results and Discussion. In this case, for the adaptation period, the effective calculation of the values of the generalized channel boundary of the asynchronous network will be associated with finding for each branch of the graph G the optimal set of variables by the above expressions. In this case, it is necessary to select such an algorithm construction that for some time interval should recalculate the values of the generalized channel boundary in case of input load changes for the Channel switching(CS) and Packet switching(PS) subnets.

To calculate the probability of blocking or loss of a message from applying an iterative algorithm, the main performance characteristics are estimated relative to those obtained for the case with a simple static specification of the throughput, provided that the average channel throughput in both cases is the same [22].

The value obtained as a result of this algorithm corresponds to estimates, which confirms the correctness of the calculations (figure1).

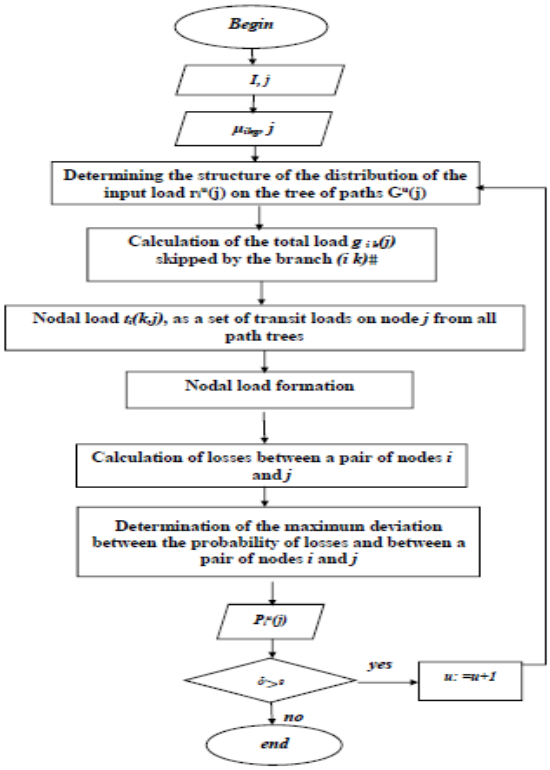


Figure 1 - Block - algorithm diagram

An iterative algorithm for calculating the parameters of quality of service is presented, which involves the following operations:

1) selection of a pair of nodes with nonzero gravity;

2) construction of a tree of paths by route matrices for the selected pair of nodes.

In the matrix of routes, the number of columns is equal $n-1$ (the column in the matrix M_i for the node i is absent), and the number of rows are the number of nodes S_i, incident with the node i. The M_i matrix element $\mu_{ik_{S_i},j}$ is the sequence number of the branch selection (ik_{S_i}) when connecting to the node j, i.e. $\mu_{ik_{S_i},j} \in \{1,2,...,S_i\}$. If a set of routing matrices $\{M_i, i=1,n\}$, is specified, this means that an information distribution plan is defined for the entire subnet of the CS;

3) calculation of the total load on each branch of the path tree. When calculating the load, the probability of losses on the remainder of the path tree from the transit node to the destination node is taken into account. At the beginning of the algorithm, all probability of loss on the branches are assumed to be equal to 0;

4) determination of the probability of losses by the formula (5) for the pair in question as the ratio of the lost load to the received one;

5) operations 1) -4) are performed for all gravitating pairs in the network in question, as a result of which the total load on each branch from all pairs of nodes and the loss matrix between the pairs of nodes will be obtained;

6) determination of the maximum deviation between the probability of losses $P_i^{q-1}(j)$ and between the pairs of nodes i and j obtained in the previous iteration, and $P_i^q(j)$, and obtained in this iteration according to formula $\delta = \max_{i,j} \mid P_i^q(j) - P_i^{q-1}(j) \mid$;

7) comparison δ with a pre-selected value ε. If $\delta > \varepsilon$, then from the values of the total load for each branch, the probability of losses on the branch and the transition to the next iteration is determined. If $\delta \le \varepsilon$, then another iteration is performed and the implementation of the algorithm ends.

In the above algorithm, the convergence of the process is determined by the probabilities of losses between pairs of nodes. This is possible because, as follows from formula (10)

$$h_{ik}(j) = \varphi_{ik}(j)[1 - p_{ik}(j)]; \quad \forall i,k,j \in V \tag{10}$$

where $h_{ik}(j) \in [0;1)$ – is the characteristic of the missing branch (ik) by load $t_i(j)$. The function $h_{ik}(j)$ The function is the conditional probability of the load $t_i(j)$ passing through the branch (ik), when the service is busy with all the directions preceding this branch. Further, $h_{ik}(j)$ the probability of servicing the load $t_i(j)$ by the branch (ik), and the value $h_{ik}(j) \cdot t_i(j)$ - the missed (ik) branch, the accuracy of calculating the probability of losses between each pair of switching nodes (SN) functionally depends on the accuracy of calculating the probability of losses on the branches. This criterion was chosen because it allows you to directly determine the accuracy of calculating the probability of loss between a pair of nodes, which are one of the main indicators of quality of service.

The block diagrams of the algorithm for calculating the parameters of the quality of service of a broadband network with the intensification of services based on an asynchronous network are presented.

Conclusion. This article discusses the iterative algorithm, the implementation of the method of ensuring quality of service by allocating network resources of the channel using virtual connections with bypass directions.

The developed flowchart is based on the calculation of statistical parameters of quality of service, which implements the developed method of the probability of blocking or the probability of traffic loss. At the same time, traffic is not equalized to the profile set in advance, but, on the contrary, the system capacity is adjusted to the traffic profile, while reducing losses and increasing the use of allocated resources. The results obtained from the simulation confirm the conclusions about the unconditional increase in the efficiency of the system due to the application of the method of calculating parameters characterizing the quality of service.

REFERENCES

[1] Olifer, V. Computer networks. Principles, technologies, protocols: A textbook for university students. St. Petersburg: Peter, 2012, 944 pp.

[2] Gordienko V.N. Multichannel telecommunication systems: Textbook for universities. - M.: RiS, 2015, 396 p.

[3] Krouse, D. Computer networks. Top-down approach. - M.: Eksmo, 2016, 912 pp.

[4] Markov N.G. Intelligent navigation and telecommunication control systems for moving objects using cloud computing technology. - M.: RiS, 2014, 158 pp.

[5] Muktar Hussaini, Shahrudin Awang Nor, Amran Ahmad. Producer Mobility Support Schemes for Named Data Networking: A Survey. // International Journal of Electrical and Computer Engineering (IJECE) Vol. 8, No.6, December 2018, pp. 5432-5442.

[6] Farruh Muzafarov, Abdimurod Eshmuradov. Wireless sensor network based monitoring system for precision agriculture in Uzbekistan // TELKOMNIKA (ISSN: 1693-6930, accredited First Grade by Kemenristekdikti, Decree No: 21 / E / KPT / 2018), Vol.17, No.3, June 2019, pp. 1071-1080.

[7] Shepel V.M. Computing systems, networks and telecommunications: Textbook / V.M. Shepel. - M.: Finance and Statistics, 2008, 736 pp.

[8] Tishchenko A.B. Multichannel telecommunication systems. Part 1. The principles of construction of telecommunication systems with a temporary separation of channels: a manual. - M.: EC RIOR, SIC INFRA-M, 2013, 104 pp.

[9] Gudyno, L.P. Computing systems, networks and telecommunications: Textbook / A.P. Pyatibratov, L.P. Gudyno, A.A. Kirichenko; Ed. A.P. Pyatibratov. - M.: KnoRus, 2013, 376 pp.

[10] Tanenbaum E. Computer networks. Third edition. - St. Petersburg: Peter, 2002, 848 pp.

[11] Natalia Olifer, Victor Olifer. Computer Networks: Principles, Technologies and Protocols for Network Design. Wiley & Sons, Hardcover, England, 2005, 1000 pp.

[12] Kuzin, A.V. Computer Networks: A Training Manual. - M.: Forum, SIC INFRA-M, 2013, 192 pp.

[13] Kleinrock JI. Queuing theory. - M.: Mechanical Engineering, 1979, 432 pp.

[14] Vishnevsky V.M. Theoretical foundations of the design of computer networks. –M.: Technosphere, 2003, 512 pp.

[15] Kartashevsky V.G. The basics of queuing theory. - M.: Radio and communications, 2006, 107pp.

[16] Roslyakov A.V. Mathematical models of call centers. - M.: IRIAS, 2006, 336 pp.

[17] O.Z.Sembiyev, Zh.S. Kemelbekova, Zh.Umarova. “Calculations of excess load on the network” // N E W S OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN SERIES OF GEOLOGY AND TECHNICAL SCIENCES ISSN 2224-5278, Volume 6, Number 438 (2019), pp.246 - 255.

[18] Jim Kurose, Keith Ross. Computer Networking. A Top Dawm Approach, 5th edition. Addison - Wesley, - 2009, 862 pp.

[19] Sembiev O.Z., Kemelbekova Zh.S. Calculation of load distribution on nodes of an asynchronous network. // International journal of applied and fundamental research, 2019, - No. 4 - pp. 49-53.

[21] Gnedenko B. V., Kovalenko I. N., Introduction to queuing theory. - M.: Publishing House "Science", 1966, 432 pp.

[22] Kuzmenko, N.G. Computer networks and network technologies. - St. Petersburg: Science and Technology, 2013, 368 pp.

Кемельбекова Ж.С., Сембиев О. З., Умарова Ж.Р. Кожабекова А.Е.

Разработка алгоритма оптимального распределения ресурсов асинхронной сети

Резюме. В статье рассматривается основной принцип адаптивного алгоритма, который позволяет оптимально распределять канальные ресурсы между подсетями коммутации каналов и коммутации пакетов в составе асинхронной сети. В основу этого принципа заложен метод решения оптимизационной задачи вычисляющие такие как, вероятность обслуживания входной нагрузки, вероятность потерь входной нагрузки, вероятность потерь между парой узлов, а также вычислений пропущенную нагрузку на всем протяжении дерева путей.

Ключевые слова: асинхронная сеть, коммутация каналов, пакетная коммутация, алгоритм, компьютерные сети.

Кемельбекова Ж.С., Сембиев О. З., Умарова Ж.Р. Кожабекова А.Е.

Асинхронды желі ресурстарын оңтайлы бөлу алгоритмін әзірлеу

Түйіндеме. Бұл мақалада адаптивті алгоритмнің негізгі принципі қарастырылады, ол арналық ресурстарды арналардың коммутация жүйелері мен асинхронды желі құрамындағы пакеттерді коммутациялау арасында оңтайлы бөлуге мүмкіндік береді. Осы принцип негізінде кіріс жүктемесінің қызмет көрсету ықтималдығы, кіріс жүктемесінің жоғалту ықтималдығы, бу тораптарының арасындағы жоғалтулар ықтималдығы, сондай-ақ жолдардың барлық ұзындығында өтіп кеткен жүктемені есептеу сияқты есептейтін оңтайландыру есебін шешу әдісі салынған.

Түйінді сөздер: асинхронды желі, арналар коммутациясы, пакеттік коммутация, алгоритм, Компьютерлік желілер.

• ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

UDK 691.32:666.972.16

[1]K. Akmalaiuly, [1]A. Tolegenova
(Satbayev University, Almaty, Kazakhstan
E-mail: kakmalaev@mail.ru aigerim.tolegenova.94@mail.ru)

COMPLEX CHEMICAL ADDITIVE FOR CONCRETE

Abstract. The article presents the results of the development of a complex chemical additive for concrete, which has the effects of plasticization and acceleration of hardening. The studies performed made it possible to establish the optimal composition of a complex chemical additive, the based components of which are Master Air 200 + Master Rheobuild 1000. The introduction of this additive into the mixture contributes to an increase in the compressive strength at the brand age by 30-50%, a decrease in water absorption by 10-15% , increase in frost resistance by 45-60 cycles in comparison with the control sample. The studies carried out have shown the possibility of using a complex chemical additive to improve the operational properties of engineering structures erected both from precast and monolithic concrete.

Keywords: concrete, chemical additive, strength, frost resistance, modifier, concrete mix

Introduction

Improvement of building systems of buildings and structures and the need to increase their operational reliability are changing the requirements for the quality of structural building materials, including for the most common and resource-intensive - cement concrete.

Modern concrete is modified concrete. In modern concrete technology, chemical additives are as indispensable components of the concrete mixture as binder, aggregates and water. As practice has shown, the use of additives allows you to obtain a tangible technical and economic effect and increase the durability of concrete structures erected from both precast and monolithic concrete. Introduced in small quantities - tenths and hundredths of a percent of the mass of cement, they significantly affect the chemical processes of hydration and hardening of cement and concrete, providing an increase in its technological and improvement of the complex of physical and mechanical properties [1-5].

As a result of chemical processes occurring during the interaction of cement with water, the strength of concrete in the process of hydration of the mixture increases. Under the influence of various factors, the rate of chemical reactions can slow down and speed up. The concrete strength indicator will also depend on this. The optimal combination of most of the factors assumes the best physical and mechanical characteristics.

At the present stage of development of building materials science, research on the development of complex modifying additives is gaining popularity [6-9].

In the real sector of construction, concrete is in demand, the necessary characteristics of which are achieved by implementing a set of modern technological methods aimed at controlling the structure formation of cement paste and stone in concrete. Depending on the purpose of the cement concrete and the applied construction technologies, in some cases, a delayed initial structure formation is required to ensure the vitality of the concrete mixture during transportation, in others, accelerated hardening [10-12].

The experience of using concrete modifiers shows that the most promising is the use of complex additives, since monoadditives can have not only a positive effect on the properties of concrete and mortars, but also a negative one, which reduces their effectiveness.

The hardening and the formation of the performance properties of concrete with chemical additives occurs mainly due to the structure formation of cement paste and stone [13-15].

Materials and methods of research

Portland cement PC 400-D20 was characterized by the following indicators (table 1).

Table 1. **Characteristics of Portland cement**

Properties	Indi cators
Normal density, %	28
Bulk density, г/см^3	1,00
Fineness of grinding, residue on the sieve №008, %	8,0
Start of setting, hour-min	4-50
The end of the seizure, not later than the hour-min.	7-20
Strength, 28 days, MPa	36,8

Chemical composition of Portland cement, %: SiO_2-22,6; Al_2O_3-4,8; Fe_2O_3-4,51; CaO – 64,4; MgO – 2,8; SO_3 – 0,27; other – 0,35.

Plasticizers. Master Air 200 + Master Rheobuild 1000 were used as reducing additives. The applied additives differ in the mechanism of reducing action on cement paste and concrete. The additives provide significant water reduction, mainly due to adsorption on grains and hydrate phases, and also due to imparting to them the same electrostatic charge, which causes repulsion and dispersion of cement floccules. In this case, the polymer molecule is lined up along the cement grain, which can impede the access of water to the surface of the clinker minerals and, as a result, in the early stages, significantly slow down hydration, as well as lead to the delamination of the cement-water suspension.

A concrete mixture as a fine aggregate may contain at least one component from the group: quartz sand, quartz-feldspar sand, limestone sand, sand from igneous rocks, sand from metamorphic rocks, and as a coarse aggregate, at least one component from the group: crushed stone from igneous rocks, crushed stone from metamorphic rocks, crushed stone from sedimentary rocks. As a binder, Portland cement, slag Portland cement, fast-hardening Portland cement, alumina cement.

Research results

The additives are adsorbed predominantly, leaving a free part of the cement surface on hydrosulfoaluminates, providing free access of water to the cement and thereby accelerated cement hydration and the preservation of concrete mixes.

In order to determine the rational amount of the additive and the method for its production, concrete strength tests were carried out. The additives were introduced in the form of a suspension with mixing water, since this ensures their uniform distribution in the volume of concrete.

In connection with the above, the purpose of the research is the effect of a complex chemical additive, which provides an effect without slowing down the setting time of concrete mixtures and the study of the physical and mechanical properties of modified concrete. Multifunctional additives are an effective thinner for concrete mixes and are widely used in construction practice. For testing, cube specimens with a rib size of 150 mm were made from a concrete mixture.

Obtaining highly effective complex modifiers consists in the rational use of the features of the influence of individual components of the additive on the hydration of cement systems in order to achieve high multifunctional effects.

Table 2. **Influence of additives on concrete properties**

№	Indicators	The investigated								
		0	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Mix temperature	14	18	21	19	21	18	19	20	20
2	Cone draft	8,5	13	19	16,5	16,5	15	17	18	18
3	Air entrapment	4,2	3,2	3,8	3,4	3,4	3,3	3,5	3,6	3,6

The ratio of the components in the composition of the concrete mix can vary widely depending on the grade of the concrete obtained and the method of forming the products. From the concrete mixture,

depending on the type of aggregate used, both light and heavy concrete can be obtained. The additive can also be used as part of the grouting material.

The given data indicate that the described additive ensures the production of plasticized concrete, while the described concrete has high strength, and an increase in the mobility of the concrete mixture (Tables 2-3).

Table 3. **Influence of additives on concrete strength**

№	Indicators	Control	Test samples							
			1	2	3	4	5	6	7	8
1	Sample weight, gr.	7820	8610	8470	8270	8300	8540	8530	8490	8440
2	Density, kg / m^3	2485	2551	2510	2450	2459	2530	2527	2516	2513
3	Breaking load, kN	1174	1300	1227	1074	1103	1337	1348	1218	1306
4	Compressive strength after 28 days, MPa	35,9	57,78	54,53	47,73	49,2	59,42	59,91	54,13	58,04

Conclusion

From the data given in Table 1-2, it has been established that the introduction of the Master Air 200 + Master Rheobuild 1000 additive into the concrete mixture leads to an acceleration of the strength of concrete in the early stages of hardening and an increase in the final grade strength at various cement consumption.

The increase in the compressive strength of heavy concrete also contributes to an increase in its frost resistance. Thus, the frost resistance of heavy concrete increases by 150-300 cycles depending on the consumption of cement per 1 m3 of concrete mixture. At the same time, the frost resistance of concrete modified with Master Air 200 + Master Rheobuild 1000 is increased.

An increase in the frost resistance of concrete is due to a decrease in its overall porosity. The total porosity of heavy concrete decreases by 1.5-2.5% compared to the control composition, while the greatest decrease in porosity is observed with the lowest cement content in the concrete mixture.

REFERENCES

[1]. Yakovlev GI, Pervushin GN, Buryanov AF, Kodolov VI, Krutikov VA, Fischer F.-B, Kerene Ya. Modification of porous cement matrices with carbon nanotubes. materials, No. 3, 2009. - S. 99-102.

[2]. Izotov V.S., Ibragimov R.A. Chemical additives for concrete. - M.: Publishing house Infiniti, 2015 . - 318 p.

[3]. Sobolev K. and Ferrada-Gutierrez M., How Nanotechnology Can Change the Concrete World: American Ceramic Society Bulletin, #10, 2005. – P. 14-17.

[4]. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete-A review. Construction and Building Materias, 2010, 24. - P. 20602071.

[5]. Boldyrev A.S., Ratinov V.B. Concrete admixtures. Reference manual. M .: Stroyizdat. 1988.- S 229-244.

[6]. Guidelines for the use of chemical additives in concrete. M.: Stroyizdat, 1985.- 64 p.

[7]. Modern problems of building materials science: materials of the fifth academic lectures of the RAASN. Voronezh state arch. - builds. Acad., Voronezh, 1999. -672 p.

[8]. Higerovich M.I., Bayer V.E. Hydrophobic plasticizing additives for cements, mortars and concrete. M.: Stroyizdat. - 1979. -126 s. [nine]. Popko V.N. Chemical additives for concrete. Tutorial. Kazan. KISS, 1980.

[10]. Wesley, J, FASCE, C. Jerry Wong, MASCE. Spun Concrete Poles for Electrical Transmission Structure Applications - Continuing to Push the Envelop of the Technology. Proceeding of the conference. - Omaha, Nebraska, 2002. - P. 241-248.

[11]. Kudzis, A.P. Reinforced concrete structures of the ring section / A.P. Kudzis. - Vilnius: Minthis, 1975 . - 224 p.

[12]. Akhverdov I.N. Reinforced concrete centrifuged pressure pipes / I.N. Akhverdov. -M. : Stroyizdat, 1969 . - 164 p.

[13]. Pokrovskaya, VN The use of superplasticizer in the manufacture of centrifuged reinforced concrete supports / VN Pokrovskaya, IA Musatova, I. Ya. Shporin, NE Martynyuk // Problems of creation and application of centrifuged reinforced concrete structures in construction: Abstracts. report scientific and technical seminar. - Minsk, 1985 . - S. 65-66.

[14]. Bucharov, N.A. High strength concretes with superplasticizer C-3 / N.A. Bucharov, A. S. Efimova, G. F. Voevoda, N. V. Varentsova // Concrete and reinforced concrete. - 1980. - No. 6. -S.18-19.

[15]. Kliukas, R.; Vadlöga, R. Resistance of concretes with water-soluble additions to temperature and salt attack. Proceedings of the Conference. Минск, 2003. - P. 205-210.

Ақмалайұлы К., Төлегенова А.

Бетонға арналған кешенді химиялық қоспа

Түйіндеме. Мақалада пластификация және қатаюды тездететін әсері бар бетонға арналған кешенді химиялық қоспаны пайдалану нәтижелері келтірілген. Жүргізілген зерттеулер негізгі компоненттері Master Air 200 + Master Rebuild 1000 болып табылатын кешенді химиялық қоспаның оңтайлы құрамын анықтауға мүмкіндік берді. Аталған қоспаны қоспаның құрамына енгізу маркалық кезеңдегі сығылу беріктік шегін 30-50% - ға арттыруға, су сіңіруді 10-15% - ға төмендетуге, бақылау үлгісімен салыстырғанда аязға төзімділікті 45-60 айналымға арттыруға ықпал етеді. Зерттеулер құрама және монолитті бетоннан салынған инженерлік құрылымдардың пайдалану қасиеттерін арттыру үшін кешенді химиялық қоспаны қолдану мүмкіндігін көрсетті.

Түйінді сөздер: бетон, химиялық қоспалар, беріктік, аязға төзімділік, модификатор, бетон қоспасы.

Ақмалайұлы К., Толегенова А.

Комплексная химическая добавка для бетона

Резюме. В статье представлены результаты по применению комплексной химической добавки для бетона, обладающей эффектами пластифицирования и ускорения твердения. Выполненные исследования позволили установить оптимальный состав комплексной химической добавки, основанными компонентами которой является Master Air 200 + Master Rebuild 1000. Введение указанной добавки в состав смеси способствует увеличению предела прочности при сжатии в марочном возрасте на 30-50%, снижению водопоглощения на 10-15 %, повышению морозостойкостью на 45-60 циклов по сравнению с контрольным образцом. Проведенные исследования показали возможность использования комплексной химической добавки для повышения эксплуатационных свойств инженерных сооружений, возводимых как из сборного, так и монолитного бетона.

Ключевые слова: бетон, химическая добавка, прочность, морозостойкость, модификатор, бетонная смесь.

УДК 543.062

G.Zh. Akanova, A.G. Ismailova, D.Kh. Kamysbayev
(al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan
E-mail.: gulsaraakanova.kz@gmail.com)

SEPARATION METHODS OF RARE EARTH METALS

Abstract. The article provides a literature review of effective methods for separation of Rare Earth metals. In addition, methods for the separation of Rare Earth metals from waste associated with the intensive development of electronic devices and modern electronic production are considered. The separation of Rare Earth metals from ore is one of the most expensive and complex methods. According to the literature review and a study of the authors in recent years, among such methods of separation, the role of the sorption process is more increase than extraction. Nanosorbents is used in the separation of Rare Earth metals from wastes, they have great prospects, an inexpensive and help to avoid environmental pollution.

Key words: e-wastes, extraction, sorption, sorbents, nanosorbents

Г.Ж. Аканова, А.Г. Исмаилова, Д.Х. Камысбаев
(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы қ., Қазақстан
E-mail.: gulsaraakanova.kz@gmail.com)

СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН БӨЛІП АЛУ ТӘСІЛДЕРІ

Түйіндеме. Мақалада сирек жер металдарын тиімді әдістермен бөлу туралы әдеби шолу қарастырылады. Сонымен қатар, электрондық құрылғылар мен заманауи электронды өндірістің қарқынды дамуына байланысты сирек жер металдарын қалдықтардан бөлу жолдары айтылады. Сирек жер металдарын кен құрамынан бөліп алу қымбат әрі қиын әдістердің бірі. Осындай бөліп алу әдістерінің ішінде соңғы жылдары әдеби шолуға және авторлардың зерттеулері бойынша экстракцияға қарағанда сорбция процесінің ролі артуда. Сондай-ақ, қалдықтардан сирек жер металдарын бөлуде сорбция процесінде қолданылатын наносорбенттердің болашағы зор, арзан әрі қоршаған ортаны ластануды болдырмауға көмектеседі.

Түйін сөздер: электронды қалдықтар, экстракция, сорбция, сорбенттер, наносорбенттер

Қазіргі уақытта сирек жер металдары (СЖМ) тұрмыстық электрондық құрылғылар, жел турбиналары, гибридті көліктер өнеркәсібінде, радиолокация жүйесінде және т.с.с. заманауи өндіріс салаларының негізгі тетігі ретінде кеңінен қолданылады. Мысалы, сұйық-плазмалы теледидар, компьютердің қатты дискісі, ұялы телефондардың динамигіндегі магнит құрамында СЖМ бар. Сирек жер металдарына Д.И.Менделеевтің периодтық жүйесінде VI В топшасында орналасқан 14 f-элемент (церийдан лютецийге дейін) пен лантан, оларды лантаноидтар деп атайды және скандий (атомдық номері 21) мен иттрийді (атомдық номері 39) қосқанда барлығы 17 СЖМ жатады [1]. Бұл металдардың қасиеттері бір-біріне жақын, табиғатта тау кендерінің құрамында қосылыс күйінде бірге жүреді. Бұл элементтер «сирек жер металдары» деп аталғанымен, жер қыртысындағы қоры басқа кейбір металдармен салыстырғанда жоғары. Дегенмен, СЖМ жер қыртысында шашырап кездесетіндіктен оларды алу жолдары өте қиын әрі қымбатқа түседі. СЖМ жер қыртысында өте аз концентрацияда 10-нан >100 ppm/w кездеседі [2]. Сирек жер металдарының кейбір қолданылу аумағы 1- кестеде келтірілген.

1-кесте. **Сирек жер металдарының қолданылуы [3] [4] [5]**

№	Элемент атауы	Қолдану саласы
1	Скандий (Sc)	Металл құймалары әуе-ғарыш өндірісінде
2	Иттрий (Y)	Конденсаторлар, металл құймалары, лазерлер, датчиктер, суперөткізгіштер, люминофорлар
3	Лантан (La)	Керамика, батареялар, автомобиль катализаторлары, пигменттер, Рентген
4	Церий (Ce)	Катализаторлар, металл қорытпалары, УК сүзгілер
5	Празеодим (Pr)	Пигменттер, линзалар, көзілдіріктер
6	Неодим (Nd)	Тұрақты магниттер, катализаторлар, ИҚ сүзгілер
7	Прометий (Pm)	Бета сәулелену көзі
8	Самарий (Sm)	Жоғары температуралы магниттер, микротолқынды сүзгілер, атом өнеркәсібі
9	Европий (Eu)	Люминофорлар, сұйық-кристалды дисплейлер
10	Гадолиний (Gd)	Люминофорлар, магнитті-резонансты томография
11	Тербий (Tb)	Люминофорлар
12	Диспрозий (Dy)	Керамика, атом өндірісі, люминофорлар
13	Гольмий (Ho)	Керамика, атом өнеркәсібі
14	Эрбий (Er)	Атом өнеркәсібі, лазерлер, оптикалық талшықтар
15	Тулий (Tm)	Электронды-сәулелену түтікшелері, күшті магниттер
16	Иттербий (Yb)	Күн батареялары, талшықты-оптикалық технологиялар, лазерлер
17	Лютеций (Lu)	Рентгендік люминофорлар, монокристалды сцинтилляторлар

Соңғы уақытта СЖМ электронды қалдықтардан (e-wastes) бөліп алудың маңыздылығы және оның тиімділігі айтылуда. Бұл бір жағынан қалдықсыз технологияның дамуына әсер етсе, екінші жағынан қоршаған ортаның ластануын азайтуға, яғни экологиялық мәселелерді шешуге септігін тигізеді.

Сирек жер металдарды бөліп алу әдістерінің бірнеше түрлері бар. Сондай әдістердің бірі – экстракция. Сирек жер металдарын бөлу кезінде экстрагенттерді дұрыс таңдау маңызды. Автор [6] СЖМ бөлудің экстракциялық әдісін талдай келіп, соңғы уақытта әр түрлі экстрагенттердің көмегімен, соның ішінде катион алмасу, бейтарап, бинарлы экстрагенттер және экстрагенттер қоспасымен СЖМ экстракциялау әдістерін қарастырады. Катион алмасу экстракциясында диалкилфосфин қышқылының бірі Cyanex 272 (ди (2, 4, 4 – триметилпентил) фосфин қышқылының) экстрагент ретінде СЖМ экстракциялауда қолданылуы [2, 231-233] талданады. Мысалы, самарий хлоридтер ерітіндісінен Cyanex 272 (ди (2, 4, 4 – триметилпентил) фосфин қышқылы) жүйесімен $Sm(OH)A_2 \cdot 2HA$ түрінде бөлінеді. Дегенмен, Cyanex 272 өте қышқылды ортадан СЖМ экстракциялай алмайды.

С.Фан және басқалар [7] көрсеткендей, Cyanex 272 және P-507 экстрагенттер қоспасы хлорид ерітіндісіндегі басқа СЖМ-нан Tm, Yb және Lu бөлуге қолданылуы мүмкін, осы кезде бастапқы жүйемен салыстырғанда HCl ерітіндісінің аз концентрациясында СЖМ қайтадан экстракциялауға болады.

Мақалада [8] 1-(2-пиридилазо)-2-нафтолдың керосиндегі ерітіндісімен 80±0,07°С жағдайында қатты-сұйық экстракция көмегімен La, Ce, Pr, Nd, Sm, Gd, Dy и Yb (III) сирек жер металдарын бөлу зерттелген. Тепе-теңдік уақытына тәуелділікке, сулы фазадағы pH мәніне және буфер ерітіндісін қолдануға қарамастан экстракциялау тиімділігінің артуы көрсетілген.

СЖМ мен уранды ылғалды фосфор қышқылынан бөлудің жаңа технологиясы жасалғандығы [9] жұмыста баяндалады. Процесс уран мен СЖМ ылғалды фосфор қышқылдары Д2ЭГФК (ди-2-этилгексилфосфор қышқылы) және трибутилфосфат (ТБФ) көмегімен бөліп алуға негізделген. Д2ЭГФК (ди-2-этилгексилфосфор қышқылы) тиімді әрі тұрақты экстрагент ретінде дәлелденген. Экстракция қышқылды фторид ортасында жүргізіледі, СЖМ және уран фторид түрінде тұнбаға түссе, иттрий негізгі элемент ретінде экстракцияға түседі.

Авторлар [10] скандийді ди-2-этилгексилфосфор қышқылының (Д2ЭГФК) концентрациясы 0,25 моль/л болатын балқымасымен бөліп алу үшін оптимальды температура 70-90˚С, тепе-теңдікте pH мәні 1,3 болғанда металл ионының концентрациясы $1{,}0\cdot10^{-3}$ моль/л зерттеуге тиімді екендігін анықтаған. Sc-Д2ЭГФК жүйесінде жоғары карбон қышқылы мен парафин еріткіші қолданылған. Скандий қышқылды ерітінділерден толық бөлінетіндігін және процесс катионалмастыру экстракциясымен жүретіндігі дәлелденген.

Дж.Гао және басқалар [11] La, Sm, Eu, Yb (III) сирек жер металдарын сұйық экстракция көмегімен 1-фенил-3-метил-4-бензоил-пиразолонның-5 (ФМБП) керосинмен сұйық парафиндегі ерітіндісінде 343,2 К температурада бөлу жолын қарастырған. Экстракцияның тепе-теңдік константасы мен термодинамикалық параметрлері есептелген. Жұмыс нәтижесі температураның жоғарылауы ауыр СЖМ иондарын 1-фенил-3-метил-4-бензоил-пиразолон-5 (ФМБП) экстрагентімен бөлу тиімді екендігін көрсетті.

Дифенилфосфонилметил қышқылымен азот қышқылды ерітіндіден микромөлшерде Ca, Sr, Ba, Sc, Mn, Co, Cu, Zn, Ga, Cd, In, Pb, Bi, Zr, Hf, Y, La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd , Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Th, и U сирек жер металдарын бөлу жолдарын Ресей ғалымдары [11] қарастырған. Сулы фазадағы HNO_3 концентрациясының және органикалық фазадағы экстрагенттің металдарды бөлуге және дифенилфосфонилметил қышқылының актиноидтар мен сирек жер металдарына шамадан тыс әсері талданған.

Хлорид және перхлорат ерітінділерінен теноилтрифторацетон (НТТА) және төрттік аммоний тұздары Aliquat 336 көмегімен La, Nd, Eu, Ho және Lu сирек жер металдарын экстракциялау көрсетілген. Экстракция нәтижесінде $Q^+[Ln(TTA)_4]^-$ (Q^+ - төрттік аммоний катионының тұзы) заты бөлінді. Тепе-теңдік константасының мәні мен бөліну коэффициенті есептелген және сұйылтқыштардың металдарды бөлуге әсері талданған [13].

Сирек жер металдарды бөліп алудың тағы бір әдісі – сорбенттердің көмегімен сорбциялау болып табылады. Сорбент [14] ретінде органикалық полимерлер, бейорганикалық сорбенттер, қатты фазалы экстрагенттер, гибридті органикалық минералды сорбенттер, биосорбенттер және наносорбенттер қолданылады. Мақала ұсынып отырған авторлар кейбір сирек жер металдарының көміртекті сорбенттермен сорбция процесін орындаған және сорбция процесінің экстракция процесіне қарағанда анағұрлым тиімді екенін мәлімдейді.

Автор [15] органикалық сорбенттердің бірнеше түріне талдау жасайды. Олар күшті қышқылды катионалмастырғыштар, карбоксильді катионалмастырғыштар, фосфорлы сорбенттер, комплекс түзуші сорбенттер және анионалмастырғыштар. Осылардың ішінде табиғи шикізатты өңдеу өнімдерінен сирек жер металдарының концентратын бөліп алуға органикалық полимерлер негізіндегі катионалмастырғыштарды қолдануды ұсынады.

А.Аббасализаде және басқалар [16] жұмысында Nd мен Dy металдарын NdFeB магнитінен AlF_3, ZnF_2 және Na_3AlF_6 тұздары көмегімен СЖМ-F_3 түрінде электрохимиялық жолмен бөліп алуды қарастырады. Эксперимент барысында литий фторидін LiF- NdFeB магнитпен араластырып ұнтақтайды, сонан соң қыздырады. Қыздырған кезде СЖМ катион түрінде, фторид иондары анион түрінде бөлініп, әрі қарай СЖМ катодта тотықсызданады. Магнитті Nd (28,9%), Dy (2,72%), Al (0,14%), Fe (63,4%), Co (2,91%), Pr (0,67%), Cu (0,19%), Ga (0,07%), B (кездеспейді), массалық үлеспен барлығы 99,0% аталған элементтер құрайды. Осы жұмыста NdFeB магнитінен сирек жер металдарын бөлудің тиімділігі дәлелденген.

Авторлар [17] жұмыстарында кремнезем бөлшектері негізіндегі лигандтар фосфоносірке қышқылы PAA (ФСҚ), N,N-бифосфоно (метил) глицин BPG (БФГ) және диэтилентриаминпентасірке диангидрид DTPADA (ДТПСДА) арқылы қышқылдық ортадан бейтарап ортаға дейінгі сулы тұз

ерітіндісімен (0,5 М NaCl) тепе-теңдік жағдайында сирек жер металдарын бөліп алған. Сирек жер металдарын элюирлеу төмен концентрациялы 0,7 N HNO_3 және 100˚С температура жағдайында тиімділігін көрсеткен. Сирек жер металдарының концентрациясы Agilent 7700 × ICP-MS көмегімен анықталған.

У.К.Уилфонг және басқалар [18] тұрмыстық сулардан сирек жер металдарын аминді эпоксидті кеуекті монолитпен және тетраэтиленпентамин, диэпоксид (E2), триэпоксид (E3), тетраэпоксид (E4) мономерлер комбинациясы арқылы полимерлі-фазалық бөліну әдісімен алуды қарастырады. Келтірілген біріншілік, екіншілік аминдердегі эпоксид тобымен СЖМ әрекеттеседі. E3/Триэпоксид (TEPA)-88 арқылы 93% Ln^{3+} тотықсызданады. Құрамында сирек жер металдары бар объектілерден кейбір бөліп алу тәсілдері 2-кестеде келтірілген.

2-кесте. **Сирек жер металдарын әр түрлі ресурстардан бөліп алу жолдары [19]**

Материал	Сілтеме	Материалдың құрамындағы СЖМ	СЖМ қалпына келтіру процесі	Қалпына келтіру процесінің орындалуы
Қатты дисководтағы дыбыс катушкасының моторы	[20]	Pr, Nd, Dy, Fe, B, т.б.	Бөлшектеу, демагнетизация, тотықтыру, қышқылмен шаю, электротұндыру	Fe және СЖМ ылғалды бөлу процесі, электротұндыру арқылы Nd тотықсыздандыру
Компьютер мониторы	[21]	Y, In, Ce, Nd, Sm, Eu, Al, Si, S, K, Ca, Mn, Fe, Zn, Sr, Zr, Ir, Pd, Ba, Pb, т.б.	Тұз қышқылы мен күкірт қышқылын араластырып шаю	Eu мен Y 97% жоғары қалпына келтіруге болады, сұйықтық құрамынан 16.5 г/л Y, 0.55 г/л Eu, 59.0 г/л Zn, 0.20 г/л Fe, 131 г/л SO_4^{2-}, 0.20 г/л Ca, 2.50 г/л Al алынды
Қалдық лампадан алынған люминофор ұнтағы	[22]	Y, Eu, La, Ce, Pr, Tb, Ca, Sr, Al, Ti, V, Fe, Zn, т.б.	Екі сатылы шаю (H_2SO_4 және HNO_3), қатты-сұйық бөлу, сұйық-сұйық экстракция (N,N-диоктилдигликоль амин қышқылы экстрагент ретінде қолданылады)	Y, Eu, La, Ce сирек жер металдары Fe, Al, Zn қоспасынан тиімді бөлінеді
	[23]	La, Tb, Y, Eu, P, Ca, Zn, Mn, Sr, Fe, т.б.	Екі сатылы флотация сызбанұсқасы (дедецил аммоний ацетатымен ДАА)	70-90% жуық люминофорды қалпына келтіру Ньютон коэффициентімен 0,26-0,37 құрайды.
Өндірістік қалдық су	[24]	La, Ce, Pr, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Sc, Y, Lu, Ca, Fe, Cu, Zn, Mn, Cr	Нано – $Mg(OH)_2$-мен ион алмасу	СЖМ ұстау жылдамдығы 99%-ға жетуі мүмкін
Никель-металл гидридті (Ni-MH) қайта зарядталатын батарея	[25]	Ni, Co, Zn, La, Ce, Pr, Ne, Sm, Fe, т.б.	2М H_2SO_4 шаймалау, 25% бис (2-этилгексил) фосфор қышқылының керосиндегі ерітіндісімен экстракциялау	СЖМ қоспасының тазалығы 99,8%, ал жалпы шығымы 93,6%-ға жуықтайды

Соңғы уақытта наносорбенттердің ролі артуда және олардың көмегімен сирек жер металдарын электронды қалдықтардан бөліп алу әдістері қарастырылып жүр. Электронды қалдықтардан СЖМ

бөлу бірнеше сатыдан тұрады. Мақалада [26] СЖМ алудың мынадай негізгі сатылары көрсетіледі: электронды қалдық – жинау – алдын-ала дайындау және бөлу – физикалық және механикалық өңдеу – химиялық өңдеу – СЖМ қалпына келтіру – таза СЖМ. Автор көміртек негізіндегі наносорбенттер көмегімен СЖМ электронды қалдықтардан бөліп алудың тиімдігін қарастырады, наноматериалдар беттік ауданының үлкен болуымен және оттекті-топтардың көп болуына байланысты СЖМ жақсы сорбцияланатындығына әдеби шолу жасайды. Көміртек негізіндегі наноматериалдар ретінде графит, графен, графен оксиді, көміртек нанотүтікшесі, фуллерен, көміртек наноталшығы, т.б. қолданылады.

Нанотүтікшелер бір қабырғалы және көп қабырғалы болып бөлінеді. Автор [27] көміртек негізіндегі нанотүтікше CNTs-COOH сорбенті арқылы ультра таза сумен моноэлемент жүйесінде скандийді бөлме температурасында pH-тің мәні 2 тең, сорбенттің ерітіндідегі концентрациясы $50 \cdot 10^2$ мг/л (m (сорбент)/V(ерітінді)) 4 сағатта 37,9 мг/г СЖМ адсорбциялауды қарастырады.

Келесі автор [28] өз жұмысында көп қабырғалы тотықтырғыш нанотүтікше арқылы MWCNTs дистилденген сумен церийді 30˚С температурада pH мәні 5-ке тең ортада 2 сағатта сорбенттің ерітіндідегі концентрациясы $12 \cdot 10^2$ мг/л (m (сорбент)/V(ерітінді)) болғанда 87% СЖМ, ал сорбенттің ерітіндідегі концентрациясы $10 \cdot 10^2$ мг/л болғанда 82% СЖМ адсорбцияланатындығын көрсетеді.

Мақалада [29] көп қабырғалы нанотүтікше TA-MWCNs көмегімен дистилденген сумен лантан La, тербий Tb, лютеций Lu элементтерін 20˚С температурада сорбенттің ерітіндідегі концентрациясы $50 \cdot 10^2$ мг/л болғанда, адсорбцияланған СЖМ-ң концентрациясы сәйкесінше 5,35 мг/г, 8,55 мг/г және 3,97 мг/г болғандығын қарастырады.

Моноэлементті жүйеде скандий мен европий, көпэлементті жүйеде церий, самарий, лантан, диспрозий, тербий, лютеций, гадолиний, иттрий элементтері наносорбенттер арқылы бөлініп алынғандығы [25] мақалада жан-жақты көрсетіледі.

Сирек жер металдарын наносорбенттер көмегімен бөліп алудың тиімділігі [25-29] жұмыстарда толықтай қарастырылған.

Қорытынды

Технология қарқынды дамыған сайын адамзаттың электронды өнімдерге сұранысы артуда. Электронды өнімдердің құрамында бағалы металдар мен сирек жер металдары кездесетіндіктен нарықта бағасы да жоғары. Соған қарамастан, электронды техникаларды тұтыну көрсеткіші өсуде. Оның салдары жыл сайын істен шыққан электронды құрылғылардың қалдыққа айналып, қоршаған ортаға үлкен мөлшерде зиянын тигізуі болып табылады. Бұл жердегі басты проблеманың бірі – сирек жер металдары жер қойнында аз мөлшерде шашырап кездесетіндіктен, оларды кендерінен бөліп алу өте қиын әрі қымбатқа түседі. Сол себепті, соңғы кезде ғалымдар электронды қалдықтар құрамындағы СЖМ қалпына келтіру әдістерін ұсынып жүр. Қалдықтардан СЖМ бөліп алу арзан әрі қоршаған ортаны ластау проблемасын азайтуға көмектеседі. СЖМ бөліп алудың әр түрлі аналитикалық әдістері бар. Тиімді экстрагенттер көмегімен экстракциялау және сорбциялық әдістер кеңінен қолданылады, соның ішінде сорбция процесі тиімді. Сонымен қатар, көміртек негізіндегі наносорбенттер көмегімен сорбциялау – қоршаған ортаға зиянсыз әдістердің бірі болып табылады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Рябчиков Д.И., В.А. Р. Аналитическая химия редкоземельных элементов и иттрия. - Москва: Наука,1966. - 381 стр.

[2] Hurst C. China’s Rare Earth Elements Industry: What Can the West Learn? // Inst. Anal. Glob. Secur. 2010. № March. P. 43.

[3] Charalampides G. et al. Rare Earth Elements: Industrial Applications and Economic Dependency of Europe // Procedia Econ. Financ. Elsevier B.V., 2015. Vol. 24, № 15. P. 126–135.

[4] Hu Y. et al. Recent advances in the separation of rare earth elements using mesoporous hybrid materials // Chem. Rec. 2018. Vol. 18, № 7–8. P. 1261–1276.

[5] Fila D., Gega J. Applications of Ion Exchange Materials in the Environment // Appl. Ion Exch. Mater. Environ. 2019. № June 2020.

[6] Белова В.В. Тенденции развития экстракционных процессов извлечения и разделения редкоземельных металлов // Химическая технология. 2016. Vol. том 17, № №5. P. 13 стр.

[7] Fan S. et al. Synergistic extraction and separation study of rare earth elements from nitrate medium by mixtures of sec-nonylphenoxy acetic acid and 2,2’-bipyridyl // J. Chem. Technol. Biotechnol. 2011. Vol. 86, № 5. P. 719–723.

[8] Gao J. et al. 1-(2-pyridylazo)-2-naphthol (PAN) as extractant in solid-liquid extraction of some trivalent rare earth elements // Talanta. 1993. Vol. 40, № 2. P. 195–200.

[9] Bunuş F., Miu I., Dumitrescu R. Simultaneous recovery and separation of uranium and rare earths from phosphoric acid in a one-cycle extraction-stripping process // Hydrometallurgy. 1994. Vol. 35, № 3. P. 375–389.

[10] Исатаева А.Т., Исмаилова А.Г. Наурызбаев М.К. Скандийдің жеңіл балқитын еріткіштегі ди-2-этилгексилфосфор қышқыл балқымасымен экстракциясы // ҚазҰУ Хабаршысы. 2015. Vol. 1, № 77. P. 30-35 б.

[11] Gao J. et al. Thermodynamic investigations of aqueous-molten paraffin wax liquid-liquid extractions and synergistic extractions of some trivalent rare earth elements // Talanta. 1994. Vol. 41, № 4. P. 541–546.

[12] Turanov A.N., Karandashev A.N. et al. Metal extraction from nitric acid solutions by (diphenyl-phosphinylmethyl) phenylphosphinic acid // Solvent Extr. ion Exch. 2012. № October 2013. P. 37–41.

[13] Dukov I.L., Atanassova M. Effect of the diluents on the synergistic solvent extraction of some lanthanides with thenoyltrifluoroacetone and quaternary ammonium salt // Hydrometallurgy. 2003. Vol. 68, № 1–3. P. 89–96.

[14] Эрлих Г.В., Лисичкин Г.В. Журнал Общей Химии . 2017. Т . 87. Вып . 6 // Журнал общей химии. 2017. Vol. Т.87, № Вып.6. P. 989–997.

[15] Ehrlich G. V., Lisichkin G. V. Sorption in the chemistry of rare earth elements // Russ. J. Gen. Chem. 2017. Vol. 87, № 6. P. 1220–1245.

[16] Abbasalizadeh A. et al. Electrochemical Extraction of Rare Earth Metals in Molten Fluorides: Conversion of Rare Earth Oxides into Rare Earth Fluorides Using Fluoride Additives // J. Sustain. Metall. 2017. Vol. 3, № 3. P. 627–637.

[17] Callura J.C. et al. Selective adsorption of rare earth elements onto functionalized silica particles // Green Chem. Royal Society of Chemistry, 2018. Vol. 20, № 7. P. 1515–1526.

[18] Wilfong W.C. et al. Recovering Rare Earth Elements from Aqueous Solution with Porous Amine-Epoxy Networks // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2017. Vo[l. 9, № 21. P. 18283–18294.

[19] Zhang W. et al. A review of the occurrence and promising recovery methods of rare earth elements from coal and coal by-products // Int. J. Coal Prep. Util. 2015. Vol. 35, № 6. P. 295–330.

[20] Matsumiya M. et al. Recovery of rare earth metals from voice coil motors using bis(trifluoromethylsulfonyl)amide melts by wet separation and electrodeposition // Int. J. Miner. Process. Elsevier B.V., 2014. Vol. 126. P. 62–69.

[21] Resende L. V., Morais C.A. Study of the recovery of rare earth elements from computer monitor scraps - Leaching experiments // Miner. Eng. Elsevier Ltd, 2010. Vol. 23, № 3. P. 277–280.

[22] Yang F. et al. Selective extraction and recovery of rare earth metals from phosphor powders in waste fluorescent lamps using an ionic liquid system // J. Hazard. Mater. Elsevier B.V., 2013. Vol. 254–255, № 1. P. 79–88.

[23] Hirajima T. et al. Floatability of rare earth phosphors from waste fluorescent lamps // Int. J. Miner. Process. 2005. Vol. 77, № 4. P. 187–198.

[24] Li C. et al. Recycling rare earth elements from industrial wastewater with flowerlike nano-Mg(OH)2 // ACS Appl. Mater. Interfaces. 2013. Vol. 5, № 19. P. 9719–9725.

[25] Korkmaz K. et al. Recoveries of Valuable Metals from Spent Nickel Metal Hydride Vehicle Batteries via Sulfation, Selective Roasting, and Water Leaching // J. Sustain. Metall. Springer International Publishing, 2018. Vol. 4, № 3. P. 313–325.

[26] Cardoso C.E.D. et al. Recovery of rare earth elements by carbon-based nanomaterials—a review // Nanomaterials. 2019. Vol. 9, № 6. P. 1–35.

[27] Kilian K., Pyrzyńska K., Pęgier M. Comparative Study of Sc(III) Sorption onto Carbon-based Materials // Solvent Extr. Ion Exch. 2017. Vol. 35, № 6. P. 450–459.

[28] Behdani F.N. et al. Adsorption ability of oxidized multiwalled carbon nanotubes towards aqueous Ce(III) and Sm(III) // Korean J. Chem. Eng. 2013. Vol. 30, № 2. P. 448–455.

[29] Tong S. et al. Modification of multi-walled carbon nanotubes with tannic acid for the adsorption of La, Tb and Lu ions // Microchim. Acta. 2011. Vol. 174, № 3. P. 257–264.

Аканова Г.Ж., Исмаилова А.Г., Камысбаев Д.Х.

Способы извлечения редкоземельных металлов

Резюме. В статье проведен литературный обзор эффективных методов разделения редкоземельных металлов. Кроме того, рассматривается способы разделения редкоземельных металлов от отходов, связанных с интенсивным развитием электронных устройств и современного электронного производства. Разделение редкоземельных металлов из состава руд является одним из дорогостоящих и трудных методов. По литературному обзору и исследованию авторов в последние годы среди таких методов выделения возрастает роль процесса сорбции, чем экстракция. А также наносорбенты используемые при извлечении редкоземельных металлов из отходов, имеют большие перспективы, недорогие и помогают избежать загрязнения окружающей среды.

Ключевые слова: электронные отходы, экстракция, сорбция, сорбенты, наносорбенты

УДК 621.771.251

[1]A. Arbuz, [1]N. Lutchenko, [2]E. Panin, [3]A. Lepsibayev, [4]M. Magzhanov
([1] AEO Nazarbayev University, Nur-Sultan, Kazakhstan
[2] Karaganda industrial university, Temirtau, Kazakhstan
[3] RSE National nuclear center of the Republic of Kazakhstan, Kurchatov, Kazakhstan
[4] Karaganda state technical university, Karaganda, Kazakhstan
e-mail: alexandr.arbuz@nu.edu.kz)

USING OF FEM SIMULATION FOR RADIAL-SHEAR ROLLING OF ZR-1%NB ALLOY

Abstract. Computer simulation of the radial-shear rolling process of Zr-1%Nb alloy bars was performed. For adequate simulation results, a new database of this material was created based on the results of plastometric tests by uniaxial compression of cylindrical samples in the range of strain rates of 0.5-15 s^{-1} and a temperature of 20-650 °C. Along the route 37 mm → 20 mm in diameter with a total deformation about 70 % two various deformation modes were considered – with large and small compressions in the first deformation passes. It was revealed that the mode with small compressions in the first passes is most optimal for the gradient structure formation. The total strain level is enough for ultrafine-grained structure obtaining. In the axial zone the strain level after 8 passes is about 9.5. In the peripheral zone, the intensity of shear deformation increases, here the level of strain is 19.5÷21.5. In the surface zone, the maximum effect of shear deformation is observed; here the strain level is 29÷30.6.

Key words: severe plastic deformation, radial-shear rolling, FEM, simulation, strain.

[1]А. Арбуз, [1]Н. Лутченко, [2]Е. Панин, [3]А. Лепсибаев, [4]М. Магжанов
([1] АОО Назарбаев Университет, Нур-Султан, Казахстан
[2] Карагандинский индустриальный университет, Темиртау, Казахстан
[3] РГП Национальный ядерный центр Республики Казахстан, 071100, г. Курчатов, Казахстан
[4] Карагандинский государственный технический университет, , Караганда, Казахстан
e-mail: alexandr.arbuz@nu.edu.kz)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МКЭ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКИ СПЛАВА ZR-1%NB

Аннотация. Проведено компьютерное моделирование процесса радиально-сдвиговой прокатки прутков из сплава Zr-1%Nb. Для получения адекватных результатов моделирования была создана новая база данных этого материала по результатам пластометрических испытаний при одноосном сжатии цилиндрических образцов в диапазоне скоростей деформации 0,5-15 $с^{-1}$ и температуре 20-650 °С. По маршруту 37 → 20 мм в диаметре с суммарной деформацией около 70 % рассматривались два различных режима деформации - с большим и малым обжатием в первых проходах. Выявлено, что режим с малыми обжатиями в первых проходах наиболее оптимален для формирования градиентной структуры. Суммарного уровня деформации достаточно для получения ультрамелкозернистой структуры. В осевой зоне уровень деформации после 8 проходов составляет около 9,5. В периферийной зоне интенсивность сдвиговой деформации возрастает, здесь уровень деформации составляет 19,5÷21,5. В поверхностной зоне наблюдается максимальный эффект сдвиговой деформации, здесь уровень деформации составляет 29÷30,6.

Ключевые слова: интенсивная пластическая деформация, радиально-сдвиговая прокатка, МКЭ, моделирование, деформация.

1. Введение

Развитие ядерной энергетики – один из главных путей обеспечения людей энергией в долгосрочной перспективе в будущем. Основная концепция создания ядерных реакторов нового поколения заключается в повышении их уровня безопасности, увеличении срока службы и мощности [1-3]. Развитие ядерной техники связано с постепенным ростом рабочих температур и давлений в активной зоне реакторов [2]. Также, актуальна проблема создания малых ядерных реакторов с особо длительной автономностью работы, для стабильного обеспечения энергией в экстремальных условиях без обслуживания [4]. При этом, основная проблема с повышением мощности и долговечностью, а, следовательно, и с безопасностью, заключается в деградации конструкционных материалов при длительном воздействии ионизирующего излучения в условиях агрессивной среды и высоких температур.

Вследствие особенности сечения захвата нейтронов, для материала оболочек и заглушек тепловыделяющих элементов реакторов на тепловых нейтронах (PWR, WWER), больше подходят сплавы на основе циркония [2, 5]. При относительно невысокой повреждаемости структуры циркония нейтронным потоком, материал конструкционных элементов сильно повреждается осколками деления ядер урана. Защита поверхностей оболочечных труб и заглушек от радиационных повреждений и их последствий в виде ускоренной коррозии, в том числе фреттинг-коррозии, повышения термической ползучести остаются одними из наиболее актуальных вопросов ядерной энергетики. Поскольку именно оболочечные трубы и заглушки отделяют ядерное топливо от внутреннего пространства реактора, к их прочности и стойкости предъявляются особые требования. Этот вопрос также становится все более актуальным в свете повышающихся требований к безопасности эксплуатации АЭС.

Таким образом, разработка и исследование материалов для использования в активной зоне реакторов, имеющих повышенную радиационную стойкость при высоких механических свойствах, имеет высокую научную и практическую значимость в ядерной энергетике.

Один из путей повышения уровня механических свойств и радиационной стойкости – использование ультрамелкозернистых (УМЗ) и наноструктурных материалов (НС) [6]. Все промышленно используемые металлические материалы, имеют крупнозернистое строение с размерами зерна-кристаллита порядка 20-80 мкм и более. УМЗ состояние, с размером зерен менее 1000 нм, значительно изменяет механические и физические свойства материала. В несколько раз повышается прочность при сохранении достаточно высокого уровня пластичности, что очень выгодно для конструкционных материалов. Эти материалы, их свойства и особенности получения подробно описаны в работах Р.З. Валиева, T. Langdon и др [6-9].

Такие материалы вследствие малого размера зерен содержат в структуре большое количество границ зерен, которые играют определяющую роль в формировании их физических и механических свойств. Представления о неравновесных границах зерен базируются на исследованиях взаимодействия решеточных дислокаций и границ зерен, в результате которого получаются внесенные зернограничные дислокации (ЗГД). Именно они формируют то особое состояние границ зерен, позволяющее получать повышенные физико-механические свойства материалов. Такие структуры характеризуются высоким уровнем прочностных и достаточным уровнем пластических характеристик непосредственно после получения. Таким образом, характер и состояние межзеренных границ оказывают решающее влияние на свойства материала. Основной целью работ по измельчению структуры металлов и сплавов является получение равноосных разориентированных структур с размером зерна меньше 1 мкм, близких к показанным в [6].

Так же стоит отметить, что коренное отличие упрочнения металлов путем измельчения их зёренной структуры от упрочнения путем повышения степени наклепа (процессы холодной пластической деформации) либо упрочнения закалкой заключается в более высокой конечной пластичности УМЗ материалов.

Физический механизм повышения радиационной стойкости, так же заключается в том что в УМЗ и наностурктурных металлах гораздо большее число зерен на единицу объема, а следовательно, относительно велика доля межзеренных границ в объеме тела. В случае появления радиационного дефекта, ввиду близости межзеренных границ, дефект быстрее достигает границ зерна которые служат в качестве поверхности стока и исчезает. В частности, снижение доли аморфизации, радиационного упрочнения и распухания зафиксировано для наноструктурных сплавов полученных методом равноканального углового прессования [10-11] – наиболее распространенным способом получения УМЗ структуры. Изучение радиационной стойкости данного класса материалов наиболее активно проводится в ядерных центрах США [12], Франции [13], Японии [14] и других стран [15-16].

Получение УМЗ и наноструктурного состояния возможно либо спеканием ультрадисперсных порошков, либо методом интенсивной пластической деформации (ИПД). Применение ИПД исключает наличие остаточной пористости характерной для спекания порошков, однако имеет более жесткие требования к условиям процесса:

1) достижение высоких степеней деформации для измельчения зерна ($\varepsilon > 6$-8);

2) формирование высокого гидростатического давления препятствующего разрушению образца и аннигиляции дефектов кристаллической решетки (1 ГПа и выше);

3) деформация при температурах около 0,4 от температуры плавления и ниже для исключения фазового перехода α→α+β [17];

4) обеспечения турбулентности и немонотонности деформации, способствующие формированию высокоугловых межзеренных границ.

Получить похожие условия можно деформируя металл такими методами, как кручение под высоким давлением, равноканальное угловое прессование (РКУП), винтовая экструзия, всесторонняя ковка, и некоторые другие.

Кручение под высоким давлением, как эволюция наковальни Бриджмена, было одним из первых способов получения объемных УМЗ и наноструктурных образцов, позднее развитых в работах [1, 7, 18-20].

Эти методы позволяют гарантированно получать ультрамелкое зерно для ряда материалов (имеются много раз подтвержденные протоколы для различных материалов) и, судя, по соотношению публикаций наиболее востребованы для проведения научных исследований. Эти способы являются основными в более 90% публикаций об УМЗ материалах и во всех публикациях по исследованию радиационной стойкости. Однако, при удобстве для лабораторного применения, оба способа имеют два больших недостатка: ограничение в размерах получаемых образцов и крайне низкая технологичность производства, практически исключающих их промышленное применение. Устранить эти недостатки можно, используя такой способ интенсивной деформации, как радиально-сдвиговая прокатка, которая также позволяет получать УМЗ состояние, но уже в длинномерных круглых прутках с некоторыми особенностями распределения структуры [18-20]. Разработка данного способа позволит сделать шаг в сторону промышленного применения изделий из радиационно-стойких УМЗ материалов.

Для оценки соответствия реализуемой данным способом напряженно-деформированного состояния относительно обозначенных выше параметров оптимальных для формирования УМЗ структуры необходимо провести компьютерное моделирование.

2. Компьютерное моделирование радиально-сдвиговой прокатки на стане СВП-08

Для проведения компьютерного моделирования была выбрана программа Deform (SFTC, США), которая позволяет моделировать процессы обработки давлением любой сложности. Для создания базовой модели радиально-сдвиговой прокатки было решено использовать параметры действующего стана СВП-08, установленного в Częstochowa University of Technology.

Материал заготовки – сплав Zr-1%Nb используемый для производства элементов (трубы, прутки, листы) активной зоны атомных реакторов типа PWR, ВВЭР. Поскольку данный материал отсутствует в базе данных Deform, для понимания течения металла в зависимости от температурно-скоростных условий радиально-сдвиговой прокатки сплава Zr-1% Nb с учетом теплового эффекта пластической деформации были проведены пластометрические испытания.

Пластометрические испытания осуществлялись методом одноосного сжатия цилиндрических образцов в диапазоне скоростей деформации 0,5÷15 $с^{-1}$ и температуре 20÷650 °С. Данный диапазон скорости деформации и температуры был выбран применительно к условиям радиально-сдвиговой прокатки сплава Zr-1%Nb с учетом теплового эффекта пластической деформации. Испытания проводили в условиях непрерывного нагружения на пластометрической установке «Gleeble 3800». Для исследования влияния условий прокатки на сопротивление деформации сплава Zr-1%Nb были изготовлены цилиндрические образцы с диаметром рабочей части 10 мм.

По результатам испытаний были построены графики кривых течения «напряжение-деформация» для сплава Zr-1%Nb полученные в диапазоне скоростей деформации 0,5÷15 $с^{-1}$ и температуры 20÷650 °С на пластометре «Gleeble 3800» (рисунок 1).

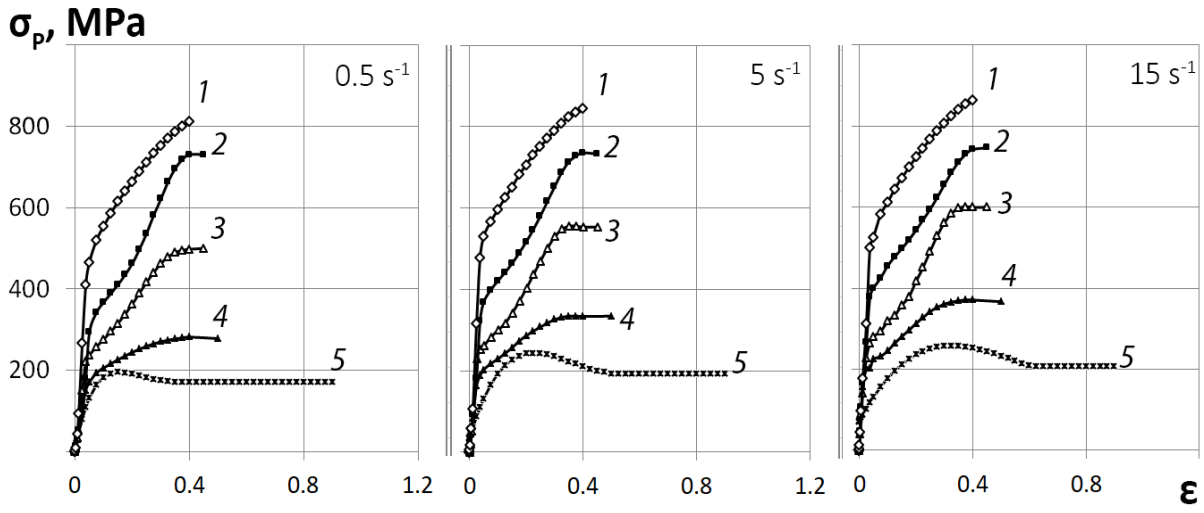


Рис. 1. Кривые течения для сплава Zr-1%Nb полученные с использованием пластометра «Gleeble 3800» в диапазоне скоростей деформации 0,5÷15 $с^{-1}$ при температурах: 1 – 20 °С; 2 – 200 °С; 3 – 350 °С; 4 – 500 °С; 5 – 650 °С

После того, как результаты пластометрических исследований были импортированы, была создана новая библиотека исследовательского материала для деформации. Исходную заготовку диаметром 37 мм и длиной 150 мм прокатывали до 30 мм на стане с обжатиями, указанными в таблице 1. Температура нагрева для прокатки была выбрана 530 °С, как максимально возможная для исключения фазового перехода; скорость вращения валков была равна 100 об/мин, как номинальное значение на стане СВП-08. Коэффициент трения на контакте заготовки и валков был принят равным 0,7, как рекомендуемое значение для горячей прокатки в Deform. При прокатке валки принимались жесткими телами, а материал заготовки был упруго-пластическим.

Таблица 1. **Различные режимы деформации радиально-сдвиговой прокатки**

	Режим 1			Режим 2		
Номер прохода	D0, мм	D1, мм	Обжатие, мм	D0, мм	D1, мм	Обжатие, мм
1	37	34	3	37	35.5	1,5
2	34	31	3	35.5	34	1,5
3	31	30	1	34	32	2
4				32	30	2

3. Результаты и их обсуждение

На рисунке 2 представлены результаты моделирования радиально-сдвиговой прокатки для 2 режимов.

Можно сделать вывод, что оба режима деформации реализуют практически одинаковый максимальный уровень деформации (22,5 и 22,8). Но режим 1 из-за больших единичных сжатий в первых проходах реализует очень неравномерное распределение деформаций в продольном сечении. После прокатки по режиму 2 (с небольшими сжатиями в первых проходах) поля деформаций в продольном сечении становятся более однородными. Поэтому было решено использовать режим 2 для маршрута прокатки 37 мм→20 мм. В таблице 2 представлены параметры прокатки циркониевого прутка для маршрута 37 мм →20 мм.

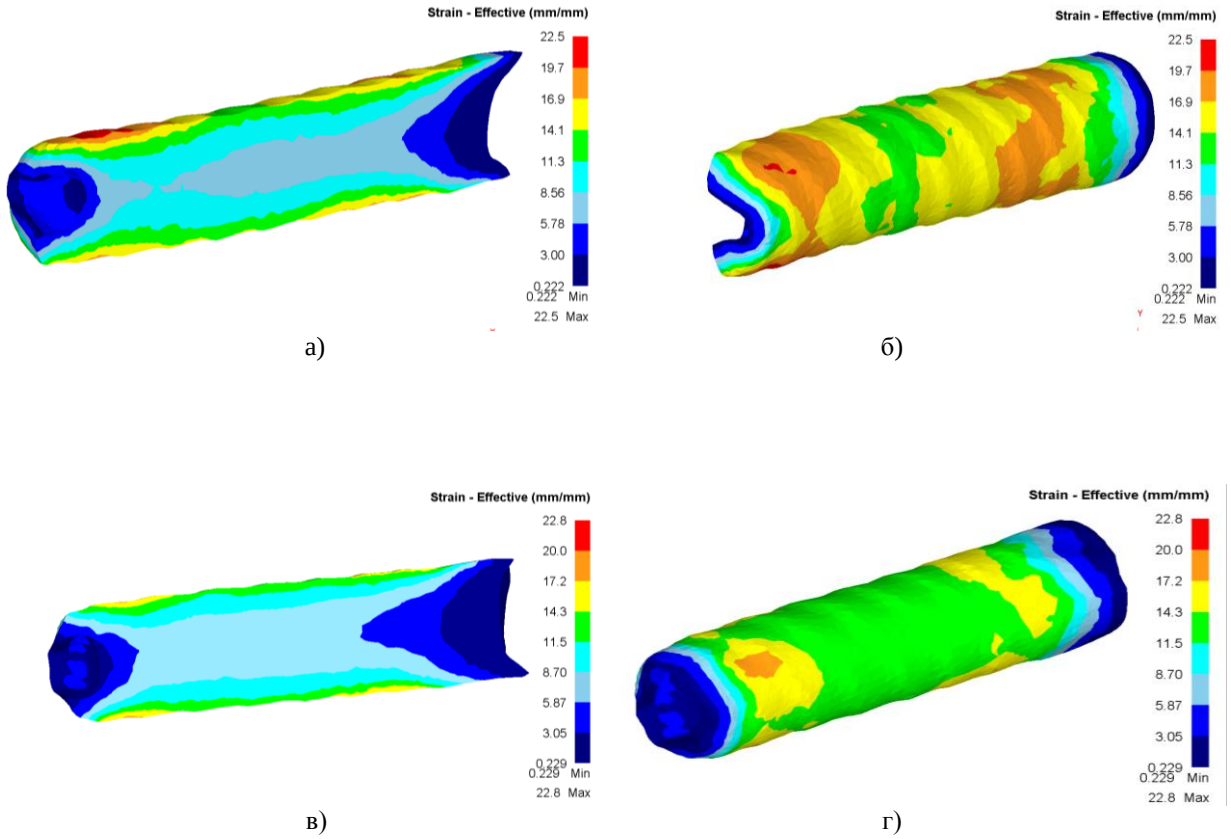


Рис. 2. Распределение деформации после радиально-сдвиговой прокатки:
а, б – осевые и поверхностные зоны для режима 1;
в, г – осевые и поверхностные зоны для режима 2

Таблица 2. **Параметры прокатки циркониевого прутка диаметром 37 мм на стане СВП-08**

№ прохода	D0, мм	D1, мм	Обжатие, мм
1	37	35.5	1,5
2	35.5	34	1,5
3	34	32	2
4	32	30	2
5	30	28	2
6	28	26	2
7	26	23	3
8	23	20	3

Для изучения уровня проработки металла в ходе деформирования обычно рассматривают параметр «эквивалентная деформация», которую во многих источниках часто упоминают как «накопленная деформация». Причиной этому является то, что это кумулятивный параметр, т.е. после снятия нагрузки данный параметр не обнуляется, в отличие от напряжения.

При анализе эквивалентной деформации (рисунок 3) было установлено, что распределение данного параметра полностью соответствует поперечному типу деформирования, когда заготовка совершает вращательное движение вокруг своей оси, т.к. в поперечном сечении отчетливо видные кольцевые зоны проработки. При этом можно отметить достаточно большую неравномерность распределения данного параметра в радиальном направлении.

В осевой зоне (0÷35% радиуса от центра) уровень деформации после 8 проходов составляет около 9,5. В периферийной зоне (35÷80% радиуса от центра) интенсивность деформации сдвига повышается, здесь уровень деформации составляет 19,5÷21,5. В поверхностной зоне (80÷100% радиуса от центра) наблюдается максимальное действие деформации сдвига, здесь уровень деформации составляет 29÷30,6.

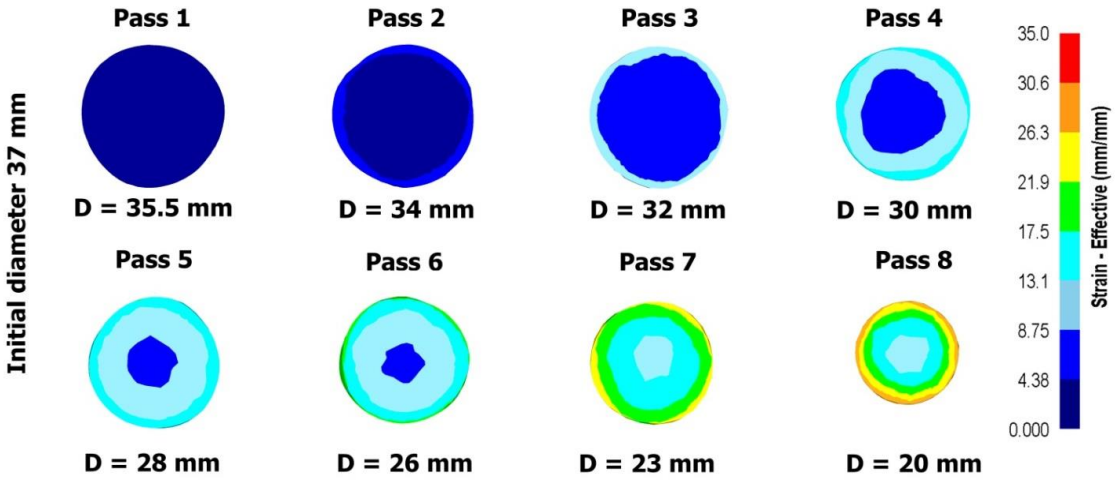


Рис. 3. Результаты моделирования (эквивалентная деформация) последовательной радиально-сдвиговой прокатки прутка с диаметра 37 мм до 20 мм за 8 проходов

Такой характер распределения деформации можно легко объяснить, используя изображение векторов направлений течения металла (рисунок 4).

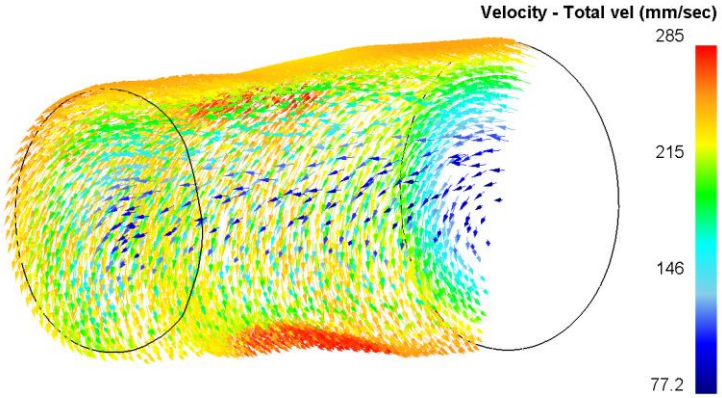


Рис. 4. Характер течения металла при радиально-сдвиговой прокатке

Из продольного сечения заготовки хорошо видно, что в поверхностных слоях заготовки при радиально-сдвиговой прокатке образуется вихревой характер течения металла, способствующий модификации микроструктуры, приданию ей равноосной формы и дроблению ее до УМЗ-размера. В то же время в осевой зоне характер течения металла ламинарный, где вихревое направление практически не формируется и металл движется только в продольном направлении.

Заключение

В данной работе проведено компьютерное моделирование процесса радиально-сдвиговой прокатки прутков из сплава Zr1%Nb. Для получения адекватных результатов моделирования была создана новая база данных этого материала по результатам пластометрических испытаний при одноосном сжатии цилиндрических образцов в диапазоне скоростей деформации 0,5-15 c^{-1} и температуре 20-650 °С. По маршруту 37 мм → 20 мм в диаметре с суммарной деформацией около 70 % рассматривались два различных режима деформации - с большим и малым обжатием в первых проходах. Выявлено, что режим с малыми обжатиями в первых проходах наиболее оптимален для формирования градиентной структуры. Суммарного уровня деформации достаточно для получения ультрамелкозернистой структуры.

Примечание

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Education and Science of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP08052429).

ЛИТЕРАТУРА

[1] Zinkle S.J., Busby J.T. Structural materials for fission & fusion energy // Materials today. – 2009. - V. 12. - pp. 12-19.

[2] Mansur L.K., Rowcliffe A.F., Nanstad R.K. et. al. Materials needs for fusion, Generation IV fission reactors and spallation neutron sources – similarities and differences // Journal of Nuclear Materials. – 2004. – V. 329–333. – pp. 166–172.

[3] Zinkle S.J., Was G.S. Materials challenges in nuclear energy // Acta Materialia. – 2013. – V. 61. –pp. 735–758.

[4] Ingersoll D.T., Colbert C., Houghton Z. et. Al. Can Nuclear Power and Renewables be Friends. - NuScale Power. – LLC. - 2015. – 580 p.

[5] Yu H., Dong Q., Yao, Z. In-situ study of heavy ion irradiation induced lattice defects and phase instability in β-Zr of a Zr–Nb alloy // Journal of Nuclear Materials. – 2019. - V. 522. – pp. 192-199.

[6] Valiev R.Z., Islamgaliev R.K., Alexandrov I.V. Bulk nanostructured materials from severe plastic deformation // Progress in Materials Science. –2000. –Vol. 45, №2. – P. 103-189.

[7] Langdon T.G. The characteristics of grain refinement in materials processed by severe plastic deformation // Rev. Adv. Mater. Sci. – 2006. – V. 13. - pp. 6-14.

[8] Xu C., Horita Z., Langdon T.G. The evolution of homogeneity in processing by high-pressure torsion // Acta Materialia. – 2007. – Vol. 55. - № 1. – pp. 203-212.

[9] Tsay K., Arbuz, A., Gusseynov N. et. al. Refinement of the microstructure of steel by cross rolling // Journal of Chemical Technology and Metallurgy. – 2016. – V. 51. - pp. 385-392.

[10] Shamardin V.K., Goncharenko Y.D., Bulanova T.M. et. al. Effect of neutron irradiation on microstructure and properties of austenitic AISI-321 steel, subjected to equal-channel angular pressing // Rev.Adv.Mater.Sci. – 2012. – V. 31. - pp. 167-173.

[11] Segal V.M. Engineering and commercialization of equal channel angular extrusion (ECAE) // Materials Science and Engineering A. – 2004. - V. 386. – pp. 269-276.

[12] Nita N., Schaeublin R., Victoria M. Impact of irradiation on the microstructure of nanocrystalline materials // Journal of Nuclear Materials. - 2004. – V. 329–333. – pp. 953–957.

[13] Etienne A., Radiguet B., Cunningham N.J. et. al. Comparison of radiation-induced segregation in ultrafine-grained and conventional 316 austenitic stainless steels // Ultramicroscopy. – 2011. – V. 111. - pp. 659–663.

[14] Matsuoka H., Yamasaki T., Zheng Y.J. et. al. Microstructure and mechanical properties of neutron-irradiated ultra-fine-grained SUS316L stainless steels and Ni–W alloys // Materials Science and Engineering A. – 2007. – V. 449–451. – pp. 790–793.

[15] Wurstera S., Pippana R. Nanostructured metals under irradiation // Scripta Materialia. – 2009. – V. 60. – pp. 1083–1087.

[16] Maksimkin O.P., Gusev M.N., Tsai K.V. et. al. Effect of Neutron Irradiation on the Microstructure and the Mechanical and Corrosion Properties of the Ultrafine Grained Stainless Cr-Ni Steel // Physics of Metals and Metallography. – 2015. - V. 116. -No. 12. - pp. 1270-1278.

[17] Dyja H., Kawałek A., Ozhmegov K. Experimental studies on Zr–1%Nb alloy properties in technological conditions of cold pilger tube rolling process // Archives of Civil and Mechanical Engineering. – 2019. – V. 19. - Iss 1. – pp. 268-273.

[18] Lopatin N.V., Salishchev G.A., Galkin S.P. Mathematical modeling of radial-shear rolling of the VT6 titanium alloy under conditions of formation of a globular structure // Russian Journal of Non-Ferrous Metals. – 2011. - №52 (5). – pp. 442-447.

[19] Galkin S.P. Radial shear rolling as an optimal technology for lean production // Steel in Translation. – 2014. - №44 (1). – pp. 61-64.

[20] Naizabekov A.B., Lezhnev S.N., Dyja H., Bajor T., Tsay K., Arbuz A., Gusseynov N., Nemkaeva R. The effect of cross rolling on the microstructure of ferrous and non-ferrous metals and alloys // Metalurgija. – 2017. - №56 (1-2). - pp. 199-202

Арбуз А., Лутченко Н., Панин Е., Лепсибаев А., Магжанов М.

Zr-1% Nb қорытпасының радиалды-ығысу таптамасын модельдеу үшін АЭӘ қолдану

Түйіндеме. Zr-1% Nb қорытпасынан жасалған өзекшелердің радиалды ығысу процессінің компьютерлік модельдеуі жүргізілді. Тиісті модельдеу нәтижелерін алу үшін, температурасы 20-650 °С деңгейіндегі және 0,5-15 с-1 деформация жылдамдығы диапазонында цилиндрлік үлгілерді бірөстік сығымдау кезінде пластометриялық сынақтардың нәтижелері бойынша осы материалдың жаңа мәліметтер базасы құрылды. Жалпы диаметрі шамамен 70% болатын, диаметрі 37 мм-ден 20 мм-ге дейінгі бағытта екі түрлі деформация режимі қарастырылды – алғашқы өтудегі үлкен және кіші сығымдау. Алғашқы өту кезінде аз сығымдалатын режим - градиент құрылымын қалыптастыру үшін ең оңтайлы екені анықталды. Жалпы деформация деңгейі ультраұсақтүйіршікті құрылымды алу үшін жеткілікті. Осьтік аймақта 8 өтуден кейінгі деформация деңгейі шамамен 9,5 құрайды. Шеткі аймақта ығысу деформациясының қарқындылығы артады, мұнда деформация деңгейі 19,5-21,5 құрайды. Сыртқы аймақта ығысу деформациясының максималды әсері байқалады, мұнда деформация деңгейі 29 ÷ 30,6 құрайды.

Түйінді сөздер: қарқынды пластикалық деформация, радиалды-ығыспалы таптау, АЭӘ (ақырғы элементтер әдісі), моделдеу, деформация.

УДК. 663:554

R. Atchibayev, G. Yar-Mukhamedova.
(al-Farabi Kazakh National university, SRI of Experimental and theoretical physics, Almaty, Kazakhstan)

ANTI-CORROSION NANOCOMPOSITE ELECTROLYTIC COATINGS CR-C-SIO2 MORPHOLOGY AND MICROHARDNESS RESEARCH

Abstract. There is a huge need for the use of anticorrosion coatings for the protection of metals used in various fields. The profitability of the use of protective coatings of nano-CEC Cr-C-SiO2 showed an increase in the resistance of metals to corrosion by 50 times, which indicates a high coefficient of usefulness of their application in corrosive medium. Studies of surface morphology have shown that nano-CECs with a homogeneous structure obtained at a temperature of 323-333 K and a current density of 5 kA / m2 are the most resistant to corrosion. The microhardness of these coatings practically did not change before and after corrosion tests, which indicates the stability of the mechanical characteristics.

Keywords. Corrosion, steel, nano-CEC, scanning electron microscope, microhardness tester.

Р.А. Атчибаев, Г.Ш. Яр-Мухамедова
(Казахский национальный университет им. Аль-Фараби, НИИЭТФ, Алматы, Казахстан.
E-mail: gulmira-alma-ata@mail.ru; rustematch@gmail.com)

ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И МИКРОТВЕРДОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ CR-C-SIO2

Аннотация: Существует огромная потребность в использовании противокоррозионных покрытий для защиты металлов, предназначенных для применения в различных областях. Рентабельность использования защитных покрытий нано-КЭП Cr-C-SiO_2 показала повышение устойчивости металлов к коррозии в 50 раз, что указывает на высокий коэффициент полезности эксплуатации их в агрессивной среде. Исследования морфологии поверхности показали, что наиболее устойчивыми к коррозии являются нано-КЭП, обладающие однородной структурой, полученные при температуре 323-333 К и плотности тока 5 кА/м^2. Микротвердость этих покрытий практически не менялась до и после коррозионных испытаний, что свидетельствует о стабильности механических характеристик.

Ключевые слова: Коррозия, нано-КЭП, сканирующий электронный микроскоп, микротвердомер.

Сегодня наиболее важной проблемой является борьба с коррозией и усталость металлических конструкций, что особенно распространено на производственных локациях, а именно в таких агрессивных средах как: морская вода, большое количество кислот, различные соли, уголь и руда и т. д. Одной из основных физико-химических и механических характеристик, определяющих особенность не только металлов, но и всех материалов, является их микроструктура. Следовательно, воздействие наночастиц на коррозионную устойчивость нано-КЭП Cr-C-SiO2 является одним из важнейших параметров, поскольку именно оно управляет процессом формирования структуры материалов [1].

При испытании на коррозионную стойкость нанокомпозитных электролитических покрытий (нано-КЭП) Cr-C-SiO2 была использована экспериментальное оборудование для определения коррозионной стойкости с учетом условий применения покрытий в агрессивной среде (рисунок 1).

Установка для эксперемента состоит из:

- перистальтического насоса – 1;
- бойлера - 2 для поддержания постоянной температуры;
- распределителя потока воды – 3;
- сообщающихся колонн - 4 для размещения испытуемых образцов;
- термометра для контроля температуры агрессивной среды – 5;
- буфера - 6.

В параллельных колоннах размещены фиксаторы для образцов, при помощи которых сразу испытывали в равных условиях 8 купонов, помещенных по 4 образца на каждом плече стенда. Скорость потока, создаваемая перистальтическим насосом 40 об/мин. В качестве коррозионной среды был выбран 3% раствор NaCl, так как ионы хлора представляет высокими антагонистами хрома. Температура коррозионной среды были 293 К. [2-4]

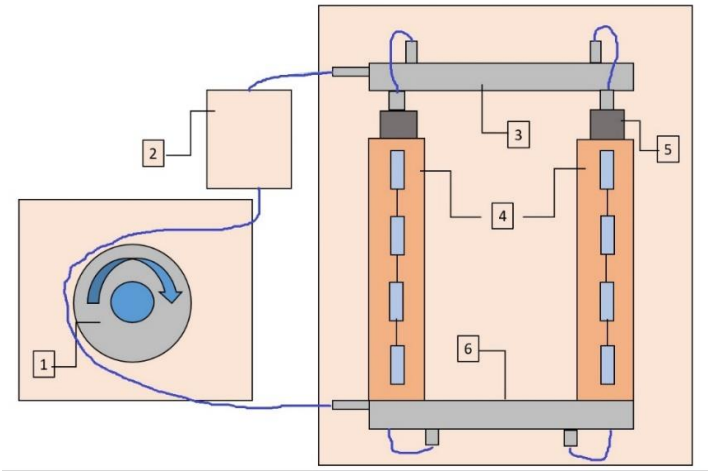


Рис. 1. Схема эксперементального оборудования на коррозионную стойкость с учетом условий применения в агрессивной среде

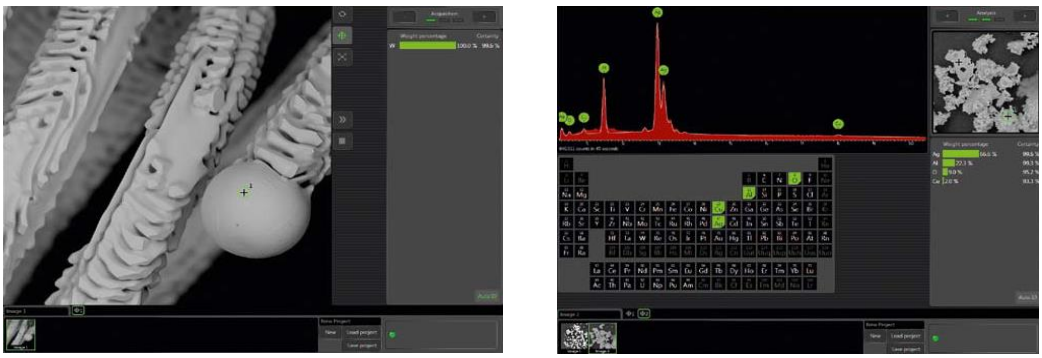
Результаты исследований и их обсуждение. Низковакуумный сканирующий электронный микроскоп Phenom ProX

Исследование электроосожденных нано-КЭП Cr-C-SiO2 проводилось во Вроцлавском политехническом университете в г. Вроцлав (Польша) с помощью универсальной системы визуализации и рентгенографии, с использованием низковакуумного сканирующего электронного микроскопа (СЭМ) Phenom ProX (Рисунок 2.). [5-7]



Рис. 2. Низковакуумный сканирующий электронный микроскоп Phenom ProX.

Использование СЭМ Phenom ProX для анализа поверхностных слоев дало очень точную оценку их основных параметров за незначительное время после установки образца в колонне микроскопа. С помощью Phenom ProX было проведено физическое исследование структуры образцов и определение их элементного состава. Помимо точечного анализа, использование дополнительного программного обеспечения Elemental Mapping и Line Scan позволило провести дальнейший анализ элементов. Elemental Mapping показала распределение элементов внутри образца. Следовательно, выбранные элементы были сопоставлены на указанное разрешение пикселей и время получения. В реальном времени алгоритм отображения показало живое наращивание выбранного элемента карты при сохранении спектров каждого пикселя. Это позволило элементам быть добавленным или удаленным в любое время или после сопоставления процессов. А также смешивание любого количества элементов с обратным рассеянием изображение дало четкое представление о распределении элементы в образце. [8 - 11]



а б

Рис. 3. а) режим получения; б) точечный режим анализа

Phenom ProX интуитивно понятен, быстро создает результаты и соответствует с высокими стандартами качества.

Система спектроскопии Phenom ProX один из лучших в своем классе визуализации и анализа. А также просмотр трехмерных изображений микроскопических структуры, позволило определить различные химические элементы в образце. Phenom ProX является наиболее расширенным решением для быстрого и удобного отображения и анализа [12]. Это усиливается дополнительным держателем образцов, которые позволяют, например, наклон образца и охлаждение для визуализации еще большего разнообразия образцов.

Специальный пакет программного обеспечения Phenom ProX включенного и установленного на Pro Suite PC для управления, полностью интегрирован детектором EDS. Анализ СЭМ Phenom ProX стал таким же простым, как визуализация, поскольку нет необходимости переключаться между внешними программными пакетами или компьютерами. EDS-методика анализирует рентгеновские лучи, генерируемые электронами от электронного пучка, взаимодействующего с образцом. Источник электронов Phenom ProX генерирует наибольшее число рентгеновских лучей. Программное обеспечение в СЭМ представляет для идентификации любые скрытые элементы в образце при режиме анализа. Все результаты проверены с использованием деконволюций спектрометрических пиков [13-16].

Phenom ProX дало возможность использовать картирование на изображение и сохранить время в выбранной области (SA). Данное преимущество дает выбрать любую область в прямоугольной форме на месте изображения. Сканирование позволяет выполнять анализ по выбранной линии. Количество точек и время задержки на точку могут быть выбраны индивидуально. Профиль линии каждого выбранного элемента отображается на экране. Кроме того, результаты могут быть легко экспортированы и передается через автоматизированный шаблон. Многократные анализы могут выполняться последовательно без вмешательства экспериментатора [17-19].



а б

Рис. 4. а) отображение выбранной области; б) анализ линейного сканирования

Результаты анализов изношенных поверхностей нано-КЭП Cr-C-SiO_2, полученных при различных электроосождениях, показало, что увеличение содержания диоксида кремния воздействует на коррозионную устойчивость покрытий.

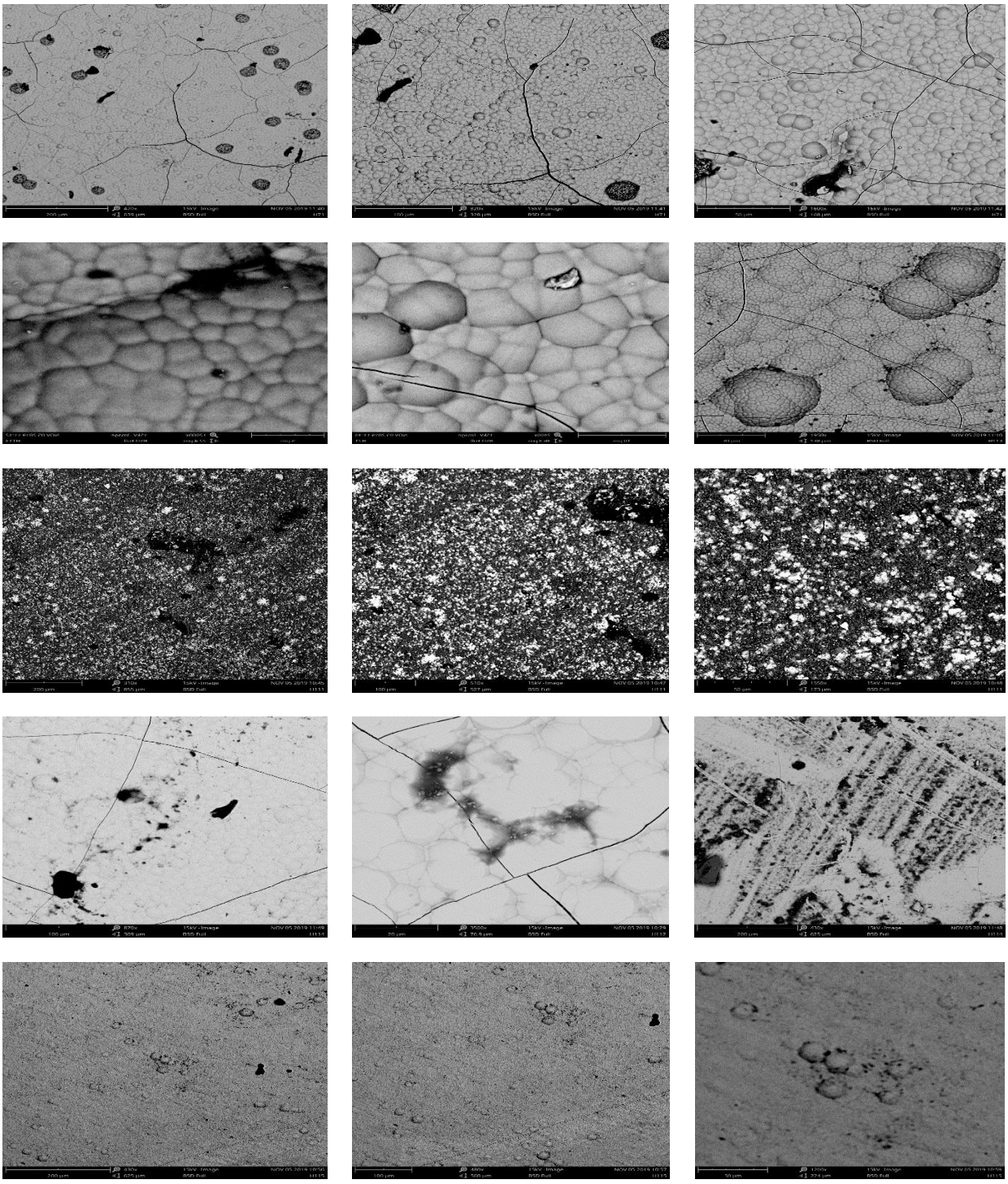


Рис. 5. Поверхность покрытия Cr-C-SiO2, T = 333 - 343 K

На рисунке 5 показано изображение микроструктуры образцов, из которого было обнаружено, что различия в структуре обусловлены их последствиями и их свойства меняются вместе со свойствами наночастиц.

Результаты исследований и их обсуждение. Микротвердомер Shimadzu HMV-2

Исследование микротвердости нано-КЭП проводилось с помощью установки Shimadzu HMV-2 (Рисунок 6.). Исследование с помощью микротвердомера является не менее важной частью эксперимента, которое необходимо для металлографических исследования, контроля качества и создание материалов. Для этой работы важно иметь возможность измерить твердость металлических образцов, используемые в исследование, а именно обработанные поверхностные покрытия. Этот

метод измерения при исследовании нано КЭП Cr-C-SiO_2 выполнен на ограниченной небольшой площади с небольшим повреждением в измеряемой области, и дало чрезвычайно надежные результаты [20-21].

Твердомер Shimadzu серии HMV-2 был разработан для удовлетворения этих требований, обеспечивающие высокий производительность, простоту использования.



Рис. 6. Микротвердомер Shimadzu HMV-2

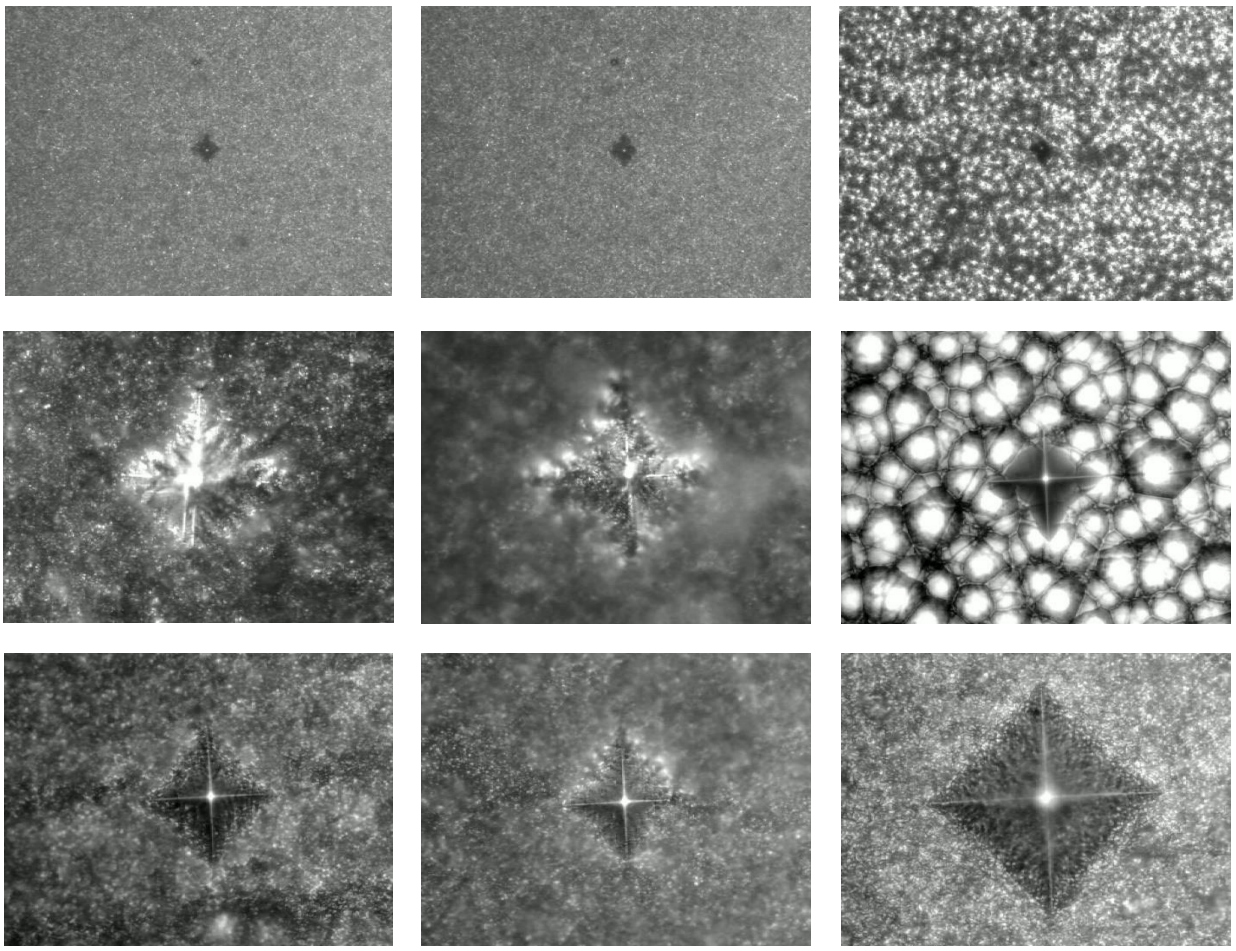


Рис. 7. Стандартные изображения объектива и сверхдлинное изображение объектива с рабочим расстоянием

Важным параметром твердомера Shimadzu серии HMV-2 является высокая точность измерения. Минимальная единица измерения длины диагонали составляет 0,01 мкм. (объектив x40). Автоматически вращающаяся электрическая башня (только с HMV-2) после выполнения выемки, электрическая турель автоматически вращалась, делая объектив готовым для оператора измерить диагональную длину отступа [22- 24].

Перед экспериментом по тестерам HMV, оснащенных автоматическим механизмом револьверной головки, необходимо проверять поверхность тестового образца, затем нажать клавишу запуска теста, автоматически выполняющего серию тестовых операций (переключение на lndenter, применение силы, удержание силы, снятие силы и переключение объектива). [25-27]. Автоматическая работа исключает ошибки в работе и обеспечивает безопасность.

Линза объектива системы считывания HMV-AD с очень большим рабочим расстоянием позволило автоматически считывать поверхности образцов с относительно нечетким рисунком из-за глубоких царапин, которые не могут быть автоматически прочитаны с помощью стандартного объектива твердомера. Сверхдлинный тип рабочего расстояния объектив X40 применялся для автоматического считывания более широкого диапазона образцов [28].

Примеры Рисунок 3. все были автоматически прочитаны с использованием объектива с удлиненным рабочим расстоянием. Стандартный объектив мог читать только первые три.

Заключение

В результате исследований коррозионной стойкости с целью определения технических характеристик наноструктурированных композиционных электролитических покрытий Cr-SiO2-C сделаны следующие выводы:

При испытании на коррозионную стойкость нано КЭП Cr-C-SiO2 была использована экспериментальное оборудование для определения коррозионной стойкости.

Методом низковакуумной сканирующей электронной микроскопа Phenom ProX исследованы изменения микроструктуры нано-КЭП в 3% растворе NaCl после коррозионных испытаний. Определено, что для всех исследованных нано КЭП антикоррозионными свойствами обладают нано-КЭП, полученные при температурах 333-343 К. Это определяется тем, что при высокой температуре электроосождения на материал осаждаются мелкие кристаллические частицы.

Показано, что в процессе коррозионных испытаний на микротвердомере Shimadzu HMV-2. микротвердость нано-КЭП линейно.

ЛИТЕРАТУРА

[1] J. Padgurskas, V. Snitka, V. Jankauskas, and A. Andriušis, Wear 260, 652 (2006).

[2] F. Ilie, Tribology Int. 39, 774 (2006).

[3] Suface Integrity in Machining, Ed. by J. P. Davim (Springer, London, 2010).

[4] Surface Analysis: The Principal Techniques, Ed. By J. C. Vickerman and I. S. Gilmore (Wiley, Chichester, 2009).

[5] Suface Integrity in Machining, Ed. by J. P. Davim (Springer, London, 2010).

[6] D. A. Lucca, E. Brinksmeier, and G. Goch, CIRP Ann.: Manufact. Technol. 47, 669 (1998).

[7] R. J. Hocken, N. Chakraborty, and C. Brown, CIRP Ann.: Manufact. Technol. 54, 169 (2005).

[8] P. Kowalewski, A. Portasiak, and W. Wieleba, in Proceedings of the 12th International Conference on Seals and Technology of Sealing Machines and Devices, Wrocaw, Kudowa Zdroj: Politechniki Wroclawskiej, 2010, p. 78.

[9] A. Dobrowolska and W. Wieleba, Tribologia 43 (3), 45 (2012).

[10] J. Padgurskas, V. Snitka, V. Jankauskas, and A. Andriušis, Wear 260, 652 (2006).

[11] David L. McDowell. Simulation-assisted materials design for the concurrent design of materials and products // Journal of The Minerals, Volume 59, № 9, - pp 21–25.

[12] Dong X., Oganov A.R., Brazhkin V.V., Wang Q, Zhang J, Davari M, Zhou X.-F., Wu F., and Zhu Q. Boron oxides under pressure: Prediction of the hardest oxides.// Phys. Rev. B. 98, 174109. (2018).

[13] Yar-Mukhamedova G. Nano-composition Ti-Co (Mn) coatings investigation // G.Yar-Mukhamedova, N. Sakhnenko, M.Ved', I. Yermolenko, R. Atchibayev // 18-th International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference & EXPO – SGEM. - Bulgaria: Albena, 2018-Pp. 267-274.

[14] Yar-Mukhamedova G. Research on the improvement of mixed titania and Co (Mn) oxide nano-composite coatings // G.Yar-Mukhamedova, N. Sakhnenko, M.Ved', I. Yermolenko, R.Atchibayev / Global Conf. on Polymer and Composite Materials - Japan: Kitakusu, 2018. - P 69-74.

[15] Ved' M. Composition and Corrosion Behavior of Iron-Cobalt-Tungsten // M.Ved', N. Sakhnenko, I. Yermolenko, G.Yar-Mukhamedova, R. Atchibayev / Eurasian Chemico-Technological Journal. 2018 - Vol.20, №3 - Pp. 145-152.

[16] Yar-Mukhamedova, G. Electrodeposition and properties of binary and ternary cobalt alloys with molybdenum and tungsten/ G.Yar-Mukhamedova, M.Ved', N.Sakhnenko, T.Nenastina // Applied Surface Science, 445 (2018) 298-307.

[17] Ternary cobalt-molybdenum-zirconium coatings for alternative energies/ Yar-Mukhamedova G., Sakhnenko N., Ved' M. et. al. // Applied Surface Science - 2017- V.421-P.68-76.

[18] Kruglov I.A., Kvashnin A.G., Goncharov A.F., Oganov A.R., Lobanov S.S., Holtgrewe N., Jiang S., Prakapenka V.B., Greenberg E., Yanilkin A.V. Uranium polyhydrides at moderate pressures: Prediction, synthesis, and expected superconductivity.Sci. Adv., 4, eaat9776. (2018).

[19] Drozdov P., Eremets M. I., Troyan I. A., Ksenofontov V., Shylin S. I., Conventional superconductivity at 203 kelvin at high pressures in the sulfur hydride system. Nature 525, 73–76 (2015).

[20] Le Guyadec F., Génin X., Bayle J. P., Dugne O., Duhart-Barone A., Ablitzer C., Pyrophoric behaviour of uranium hydride and uranium powders. J. Nucl. Mater. 396, 294–302 (2010).

[21] R. Orr, H. Godfrey, C. Broan, D. Goddard, G. Woodhouse, P. Durham, A. Diggle, J. Bradshaw, Kinetics of the reaction between water and uranium hydride prepared under conditions relevant to uranium storage. J. Alloys Compd. 695, 3727–3735 (2017).

[22] Bilić, A., Gale, J. D., Gibson, M. A., Wilson, N., & McGregor, K. (2015). Prediction of novel alloy phases of Al with Sc or Ta. Scientific Reports, 5, 9909 (link).

[23] David L. McDowell. Simulation-Assisted Materials Design for the Concurrent Design of Materials and Products // Symposium JJ – Combinatorial and Artificial Intelligence Methods in Materials Science II. (2003) Vol. 804. – Pp.21-28.

[24] Le Ferrand H. Multi-material 3D printing produces expandable microlattices // Data-Centric Science for Materials Innovation. Vol.43, № 9. – Pp. 649-650 (2018)

[25] Lee H. Thermoelectrics: Design and Materials (2018). MRS Bulletin, 43(9), 712-713.

[26] Seko, A., Toyoura, K., Muto, S., Mizoguchi, T., & Broderick, S. (2018). Progress in nanoinformatics and informational materials science. MRS Bulletin, 43(9), 690-695.

[27] Rajagopalan A., Xiang Li, Krishna R. The application of Principal Component Analysis to materials science data // Applied Catalysis A: General, 254, №1 (2003).

[28] Ward, L., Aykol, M., Blaiszik, B., Foster, I., Meredig, B., Saal, J., & Suram, S. (2018). Strategies for accelerating the adoption of materials informatics. MRS Bulletin 43(9), 683-689.

Атчибаев Р.А., Яр-Мухамедова Г.Ш.

Анти-коррозиялық нанокомпозициялық электрлиттік cr-c-sio2 жабындардың морфологиясы мен микроқатылығын зерттеу

Түйіндеме: Түрлі салаларда қолдануға арналған металдарды қорғау үшін коррозияға қарсы жабындарды қолдануға үлкен қажеттілік бар. Нано-CEC Cr-C-SiO2 қорғаныс жабындарын қолданудың рентабельділігі металдардың коррозияға төзімділігінің 50 есе жоғарылағандығын көрсетті, бұл олардың агрессивті ортада жұмыс істеу тиімділігінің жоғары коэффициентін көрсетеді. Беттік морфологиясын зерттеу 323-333 К температурада алынған және тығыздығы 5 кА / м2 болатын біртұтас құрылымы бар нано-КЕК коррозияға төзімді екенін көрсетті. Бұл жабындардың микрожарамдылығы іс жүзінде коррозиялық сынақтарға дейін және кейін өзгерген жоқ, бұл механикалық сипаттамалардың тұрақтылығын көрсетеді.

Түйінді сөздер: коррозия, болат, нано-КЕЖ, сканерлеуші электронды микроскоп, микроқаттылық.

УДК 669.2/.8

F. Berdikulova, A. Ikhlasova
(Al- Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.
E-mail: Pheruza_b@mail.ru)

THE STUDY OF THE PROCESS OF RHENIUM EXTRACTION FROM LEAD SLIME

Abstract. The process of oxidative firing of lead sludge in the presence of calcium hypochlorite was studied in order to convert rhenium compounds to calcium perrenate. The optimal conditions for the firing process are found: the firing temperature is 500-600°C, the firing duration is 30-60 minutes, the oxidizer consumption is 20-40 % of the sludge mass. The influence of the stub leaching conditions on the degree of rhenium extraction into the solution was studied. Under the found optimal conditions, the degree of rhenium extraction into the solution was 93-94 %.

Keywords: lead sludge, oxidative roasting, calcium perrenate, degree of extraction.

Ф.А. Бердіқұлова, А.Т. Ихласова
(«әл-Фараби атындағы ҚазҰУ, Алматы, Қазақстан Республикасы.
E-mail: Pheruza_b@mail.ru)

ҚОРҒАСЫНДЫ ҚОЙЫРПАҚТАН РЕНИЙДІ БӨЛІП АЛУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ

Аңдатпа. Мақалада қорғасынды қойытпақты тотықтырып күйдіру кезінде рений қосылыстарын кальций перренатына өткізу үрдісінің зерттеулері көрсетілген. Күйдіру үрдісінің оңтайлы жағдайлары анықталды: күйдіру температурасы 500-600 °С, күйдіру ұзақтығы 30-60 минут, тотықтырғыш шығыны қойыртпақ массасынан санағанда 20-40 %. Ренийді ерітіндіге бөліп алу көсеткіштеріне күйдіріндіні шаймалау үрдісі жағайларының әсері қарастырылды. Таңдалынған оңтайлы жағдайларда ренийдің ерітіндіге бөліну дәрежесі 93-94 %.

Түйін сөздер: қорғасынды қойыртпақ, тотықтырып күйдіру, кальций перренаты, бөліп алу дәрежесі.

Кіріспе

Мыс өндірісінің техногенді өнімдері құрамында рений мөлшерінің көрсеткіші бойынша осы сирек металдың қосымша шикізаты ретінде қарастырылады. Қазақстанда рений өндірісінің өзі техногенды өнім – шайынды күкірт қышқылын өңдеу негізінде іске асырылады. Мыс өндірісінің басқа да техногенді өнімдері қорғасынды қойыртпақ, қорғасын шаңдары, байыту қалдықтары ренийлі шикізат ретінде өндіріске тартылмаған. Олардың ішінде өндірістік маңызы жоғары өнім - қорғасынды қойыртпақ, ондағы ренийдің мөлшері тоннасына 600-1500 грамм. Қойыртпақтың негізгі құрамдас бөлігі қорғасын сульфаты, рений төменгі тотықты және сульфидті қосылыстары түрінде кездеседі. Қорғасынды қойыртпақты өңдеу мақсатында пирометаллургиялық, гидрометаллургиялық немесе бірлескен пиро- және гидрометаллургиялық әдістер жасалынған. Пирометаллургиялық әдістер шикізатты тотықтырып күйдіріп, рений тотығын Re_2O_7 ұшырындыда концентрлеп алуға бағытталған [1-3]. Гидрометаллургиялық әдістер қойыртпақты тотықтырғыш ерітіндісінде, мысалы сутегі асқын тотығының немесе калий перманганатының әлсіз ерітінділерінде шаймалау арқылы ренийді ерітіндіге бөліп алу мақсатында орындалған [4, 5]. Бірлескен пиро- және гидрометаллургиялық әдістер қорғасынды қойыртпақты сульфидтік күйдіру және күйдіріндіден қорғасын қосылыстарын ерітіп алып, сирек металдарды ерімеген бөлікке концентрлеу немесе қойыртпақты тотықсыздандырып балқыту арқылы металдық қорғасын және ренийқұрамды шлактар алу бағытында зерттелген [6-8].

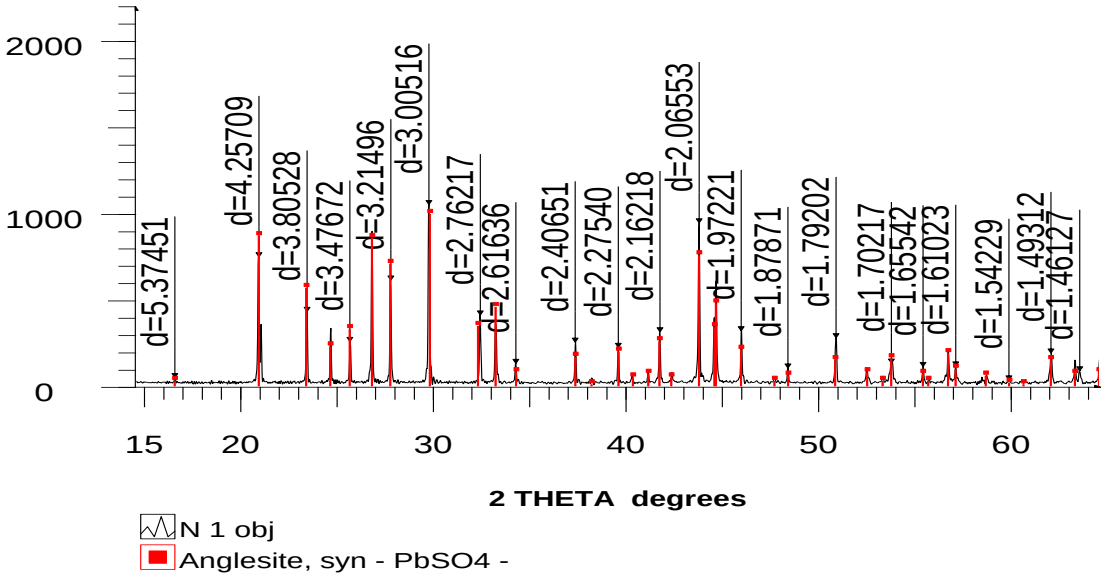
Осы мақалада қорғасынды қойыртпақты тотықтырып күйдіру арқылы ренийді кальций перренатына ауыстырып бөліп алудың зерттеу нәтижелері қарастырылады [9]. Тотықтырғыш ретінде кальций гипохлориті қолданылады. Кальций гипохлориті тек қана тотықтырғыш емес, сонымен бірге оның ыдырауы кезінде түзілген кальций оксиді рений тотығымен әрекеттесуі нәтижесінде шихтада тұрақты кальций перренатын түзуші қызметін атқарады.

Зерттеу нысаны мен әдістері

Қорғасынды қойыртпақтың химиялық құрамы, %: 62,5 Pb; 14,24 S; 4,5Si; 2,0Fe, 2,5Cu; 0,7Se; 0,5 Al; 0,9Ca; 0,9Na; 0,3Mn; 0,1K; 0,15Zn; 0,14As; 0,1Bi; 0,1Mg; 0,045P; 0,008Ni; <0,01Hg; 0,175 Re. Оның негізін құраушы қосылыс қорғасын сульфаты $PbSO_4$ (1-сурет).

Тотықтырғыш ретінде техникалық кальций гипохлориті $Ca(ClO)_2$ қолданылды, негізгі заттың мөлшері 25 %.

Қорғасынды қойыртпақ кальций гипохлоритінің қажетті мөлшерімен араластырылып шихта дайындалады, шихта алундты тигельге салынып, ұшырынды мен газ фазасын ұстауға арналған қондырғымен жабдықталған тигелді пешке қойылады. Пеш қажетті температураға дейін қыздырылып, берілген уақыт аралығында тотықтырып күйдіру үрдісі жүргізіледі. Эксперимент аяқталған соң, күйдірінді бөлме температурасына дейін суытылады да оның массасы өлшенеді. Күйдіріндіде ренийдің кальций перренатына өту мөлшерін анықтау үшін күйдірінді суда Қ:С =1:10 ара қатынасында 70 °С-де шаймаланады. Ерітіндіге өткен рений мөлшері бойынша ренийдің кальций перренатына өту дәрежесі анықталды. Ерітінді мен ерімеген бөліктен рений мөлшері фотоколориметриялық әдіспен анықталады [10].



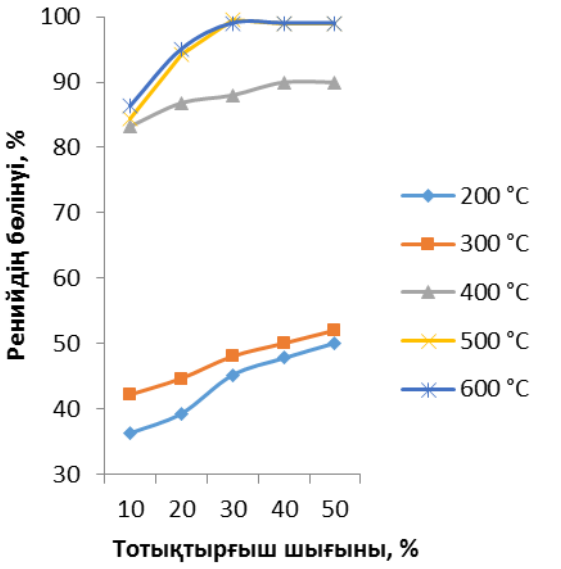
1-сурет. Қорғасынды қойыртпақтың дифрактограммасы

Шихтаның термиялық талдаулары «МОМ» - Будапешт (Венгрия) дериватографында орындалды. Пештің қыздыру режімі dT/dt = 10 ºС/мин, қыздырылған алюминий оксиді Al_2O_3 эталондық зат қызметін атқарды. Шихта массасы 200 мг, таразының сезімталдығы 100 мг. Талдау құрылғының келесідей өлшемдік шектерінде жүргізілді: DTA = 250 μV, DTG = 500 μV, TG= 500 μV, T = 500 μV.

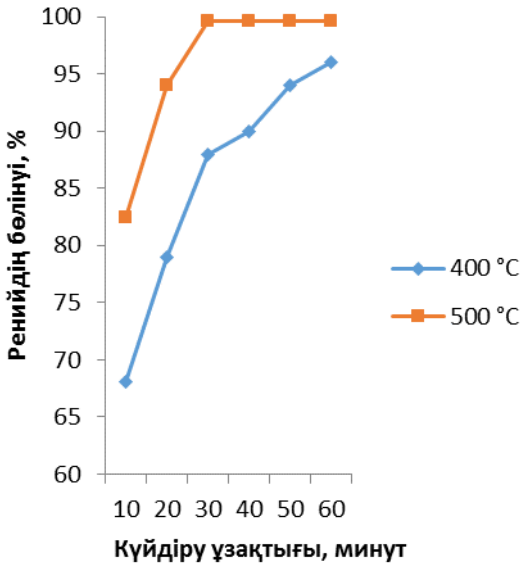
Зерттеу нәтижелері мен оларды талдау

Тотықтырып күйдіру үрдісінің оңтайлы жағдайын табу үшін ренийдің ертінідіге өту, яғни кальций перренатына өту дәрежесіне тотықтырып күйдіру үрдісінің температурасы, ұзақтығы және тотықтырғыш мөлшерінің әсері зерттелді. Тотықтырып күйдіру үрдісі 200 – 600 °С аралықтарында зерттелді. 200 °С –ден төмен температурада кальций гипохлоритінің ыдырауы толық жүрмейді, соның салдарынан ренийдің де кальций перренатына өту мүмкіндігі төмен. 600 °С –тан жоғары температураларда қорғасынды қойыртпақтың жентектелінуі басталады, шаймалау кезінде іріленген бөлшектердің түзілуі ренийдің ерітіндіге өту көрсеткіштерін төмендетеді. Кальций гипохлоритінің мөлшері техникалық кальций гипохлоритінің массасымен өлшенді және қорғасынды қойыртпақ массасынан саналғандағы шығыны есептелді. Мысалы 100 г қойыртпаққа 20 г техникалық кальций гипохлоритін қосқанда оның шихтадағы шығыны 20 % деп алынды. Ренийдің кальций перренатына өту көрсеткішіне тотықтырғыш шығыны мен күйдіру температурасының әсері 2-суретте көрсетілген. Кальций гипохлориті мөлшерінің және температураның жоғарылауы ренийдің тотығуына және кальций перренатына өтуіне ықпал етеді. Ренийді бөліп алу бойынша ең жоғарғы 94-99 %-дық көрсеткіштер тотықтырғыштың 20-40 % -дық шығынында күйдіру үрдісін 500 -600 °С-де жүргізілгенде алынады. Жалпы ренийдің кальций перренатына, яғни суда ерігіш қосылыстарына өтуі 200 °С –де басталады, бұл жағдайларда тіпті рений мөлшерінің тең жартысы сулы ерітіндіге бөлінеді, бірақ тотықтырғыш мөлшерінің артуы күйдіріндіні шаймалауда су мөлшерін көп қажет етеді. Ерітіндіде рений мөлшері төмендейді. Рениймен концентрленген ерітінді алу мақсатында тотықтырғыш мөлшері төмен, ал күйдіру температурасы жоғары режімдерді таңдау дұрыс технологиялық шешім болып табылады.

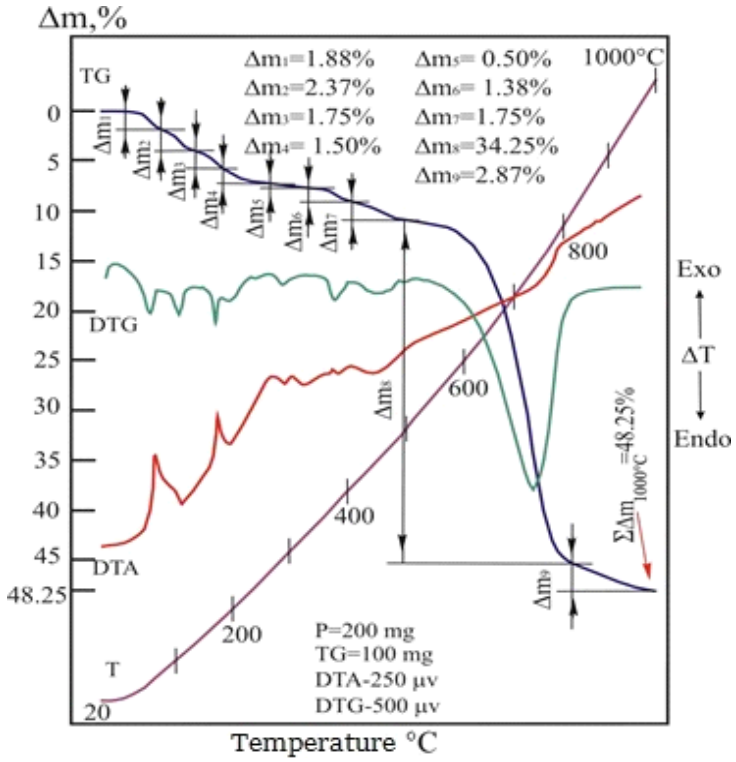
Күйдіру ұзақтығы да температураның жо,арылауына байланысты ренийдің бөлінуіне тікелей әсер етеді (3-сурет).



2-сурет. Тотықтырғыш шығыны мен температураның ренийдің бөлінуіне әсері, күйдіру ұзақтығы 60 минут



3-сурет. Күйдіру ұзақтығының ренийдің бөлінуіне әсері, тотықтырғыш шығыны 30 %



4-сурет. Қорғасын қойыртпағы мен кальций гипохлоритінен тұратын шихтаның термогравиметриялық көрсеткіштері

Күйдіру температурасы 400°С-де тотықтыру үрдісін 60 минут бойы жүргізгенде ренийдің бөлінуі 96 %. Ренийдің кальций перренатына өтуі бойынша ең жоғарғы (99,6%) көрсеткіші 500 °С-де 30 минутта байқалған. Сонымен күйдіру ұзақтығының оңтайлы жағдайы 30 минут. Қорыта айтқанда қойыртпақ құрамындағы ренийді үшін шикізатты кальций гипохлоритінің қатысында қыздыру арқылы кальций перренаты күйінде бөліп алуға болатындығы зерттелді. Шихтаның құрамы 100 қойыртпақ:30 кальций гипохлориті. Осы шихтаның термиялық қасиеттерінің зерттеулері 4-суретте көрсетілген. Күйдіру үрдісінің бастапқы кезеңінде 20 - 80 °С аралығында масса

жоғалымы 1,88% және бұл шихтадағы ылғалдың буланууына сәйкес, одан жоғары температураларда 80 -180 °С –де кальций гипохлоритінің ыдырауынан түзілген хлор мен оттегінің бөлінуі және ылғалдың бөлінуі қатар жүреді. 180-260 °С аралығында оттегінің бөлінуі жалғасады, тотықтырып күйдіру кезінде ренийдің 200 ^{0}С-де 50 %-ға жуығы (2-суртетте) кальций перренатына өтуі оттегі мен хлордың бөлінуі нәтижесінде. Шихта массасының ең көп мөлшерде 34,25 % -ға төмендеуі 425-820 °С-ге сәйкес. Ренийдің де кальций перренатына жоғары мөлшерде өтуі осы температура аралықтарында, эксперимент нәтижелері бойынша 500-600 ^{0}С-ге сәйкес. Шихтадағы карбонатты қосылыстар мен сульфатты қосылыстардың ыдырауынан газ фазасына көміртегі оксиді CO_2 және күкірт оксиді SO_2 бөлінеді. Бұл жағдайларда рений тек қана кальций перренаты қосылысына емес сонымен қатар түсті металдар перренаты түрінде де шихтада тұрақталуы мүмкін.

Келесі зерттеулер тотықтырып күйдіру өнімін суда шаймалау арқылы ренийді ерітіндіге өткізу мақсатына бағытталды. Ренийді ерітіндіге бөліп алу көрсеткішіне шаймалау температурасы мен Қ:С ара қатынасының әсері қарастырылды. Зерттеу нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. **Күйдіріндіні сумен шаймалау нәтижесінде ренийдің ерітіндіге бөліну дәрежесі, %**

Температура, °С	Қ:С		
	1:3	1:5	1:7
50	71,2	76,2	91,0
70	93,0	95,2	97,0

Ренийдің ерітіндіге бөлінуі Қ:С ара қатынасы мен шаймалау температурасының жоғарылауына тікелей байланысты. Өндірістік жағдайда жұзеге асыру мүмкіндігі мен ренийдің ерітіндідегі концентрленген мөлшерін алуды ескере отырып шаймалаудың оңтайлы жағдайы ретінде Қ:С =1:3 ара қатынасы, 70 °С шаймалау температурасы таңдалынды, шаймалау уақыты 60 минут. Ренийдің ерітіндідегі мөлшері 546 мг/л, бөліну дәрежесі 93 %. Ерітіндінің химиялық құрамы мен оған қоспа элементтердің бөліну дәрежесі 2-кестеде көрсетілген.

2-кесте. **Шаймалау кезінде қоспа элементтердің ренийлі ерітіндіге өтуі**

Көрсеткіштер	Cu	Fe	As	Pb	Ca	K	Na	Cl
Мөлшері, мг/л	395	1,47	0,37	838,9	9670	329	1873	20590
Ерітіндіге бөліну дәрежесі, %	4,7	0,022	0,08	0,4	44,8	98,12	62,04	67,2

Ерітіндіге негізінен сілтілік металдар өтеді де, түсті металдардың басым бөлігі ерімеген қалдықта қалады. Ерітінді ортасы pH=6-7. Шикізатты сумен шаймалау ренийқұрамды ерітінділерде қышқылдық шаймалауға қарағанда қоспа элементтердің аз мөлшерімен ерекшеленеді. Одан басқа сумен шаймалау әдісін өндіріске енгізу қышқылға төзімді қымбат қондырғыларды қажет етпейді.

Қорытынды

Эксперименттік жұмыстар нәтижесінде қорғасынды қойыртпақтан ренийді кальций перренатына өткізудің оңтайлы жағдайлары жасалынды. Тотықтырғыш ретінде рений қосылыстарын тотықтыру және оны кальций перренатына ауыстыру қызметін атқаратын кальций гипохлориті таңдалынды, оның қойыртпақ массасынан санағандағы шығыны 20-40 %. Тотықтырып күйдіру температурасы 500-600°С, ұзақтығы 30-60 минут. Ренийді толығымен кальций перренатты қосылысына өткізу нәтижесінде күйдіру өнімін сумен шаймалаудан кейін рений мөлшері 500-550 мг/л ерітінді алуға қол жеткізілді. Ренийді бөліп алу дәрежесі 93-94 %.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] A. G. Vodop'yanov and G. N. Kozhevnikov. Recovery of Rhenium and Osmium from Sulfurous Gases with Solid Carbon // Russian Journal of Applied Chemistry, 2012, Vol. 85, No. 10, pp. 1567−1569

[2] Беляев С.В., Ниязбеков К.К., и др. Разработка перспективной технологии обжига гранулированного ренийсодержащего материала // Промышленность Казахстана. – 2000. -№1. –С.78-79

[3] Патент РФ. № 2051193. Андреев Ю.В., Грейвер Т.Н., Петров Г.В. Способ отгонки рения и осмия в газовую фазу из свинцовистых ренийсодержащих пылей и сернокислотных шламов медного производства. Опубл. 27.12.1995.

[4] Zharmenov A.A., Sydykov A.O., Berdikulova Ph. A., Idrisova K.S. Hydro-metallurgical method of rhenium recovering from lead slime of copper production //6th Conference on Environment and Mineral processing - Czech Republic, 2002. – P. 245-248

[5] Кокушева, А. А., Г. А. Дайрабаева, А. Ш. Усабекова Извлечение рения из сернокислотных шламов Джезказганского медеплавильного завода // Цветные металлы. 1992. - №5. - С. 14-15

[6] Serikbayeva A.K., Berdikulova F.A. Review of technologies of processing of technogenic products of copper production // Metallurgijia. 2015, Volume 54, Issue, 4. Pages 715-717

[7] Сыдыков А.О., Бердикулова Ф.А. Особенности концентрирования осмия в свинцовом сплаве пи восстановительной плавке свинцовых шламов // Комп. Исполь. Мин сырья. - 2007. - № 3. - С. 50-55

[8] Сыдықов Ә.О., Серікбаева А.Қ. Мыс өндірісіндегі қорғасынды қойыртпақтан алынған осмий-, ренийқұрамды концентраттың сипаты // Промышленность Казахстана. - 2007. - № 2 (41). - С. 89-91

[9] Патент РК №33641. Жарменов А.А., Сыдыков А.О., Мазулевский Е.А., Ишкенов А.Р. Способ извлечения осмия и рения из свинцовых промпродуктов медного производства. Опубл. 24.05.2019г, бюл.№21

[10] Л.В. Борисова, А.Н. Ермаков. Аналитическая химия рения. Изд-во «Наука», М.: 1974г, 319стр

Бердикулова Ф.А., Ихласова А.Т.

Исследование процесса извлечения рения из свинцового шлама

Аннотация. Исследован процесс окислительного обжига свинцового шлама в присутствии гипохлорита кальция с целью перевода соединений рения в перренат кальция. Найдены оптимальные условия проведения процесса обжига: температура обжига-500-600°С, продолжительность обжига 30-60 минут, расход окислителя 20-40 % от массы шлама. Изучено влияние условии выщелачивания огарка на степень извлечения рения в раствор. В найденных оптимальных условиях степень извлечения рения в раствор составила 93-94 %.

Ключевые слова: свинцовый шлам, окислительный обжиг, перренат кальция, степень извлечения.

УДК 504.062.2

Y. Bukayev, G. Kenzhetayev, A. Serikbayeva, G. Mutalibova,
([1]Yessenov University, г.Актау, Казахстан
[2]РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия)

PROBLEMS OF EXTRACTION OF WALL STONE FROM WASTE LIMESTONE-SHELL

Abstract: This article describes the field of extraction limestone-shell the western part of Kazakhstan, such as Golubaya bukhta, Eraliev, Eraliev – II, Beineu, Mangyshlak – II, Mangyshlak – III, South Zhetybai, North Zhetybai and others with massive resources suitable for extraction and manufacturing of wall stone. The considered a set of environmental activities measures to prevent the negative impact of the deposit for the extraction of limestone-shell on the environment. Physical-mechanical properties of limestone-shell, qualitative characteristics of the mineral, the volume of reserves saw stone, the percentage of output this stone and operational losses of stone suitable for recycling, in order to involve the volume of processing in the main profit of the quarry. Defined the location Zhetybai deposits of limestone-shell, as an experimental ground for experimental work and the creation of a new type of block stone based on polymer-cement composition of and additional ingredients of mineral additives. Justify the use of the equipment for extraction of a wall stone from limestone-shell and it is processing, in accordance with technology of development and the equipment for production of new wall blocks. Nowadays, screenings are already successfully applied in many countries in the production of building materials. It is established that the quality of materials based on screenings from limestone-shell in most cases is higher than the quality of similar materials based on natural sand. Proposed recommendations for obtaining new materials from waste limestone-shell, also analyzed inventions related to the industry of building materials containing additional additives with the possibility of use for the production of polymer-cement tiles for various purposes and wall materials.

Keywords: limestone-shell, wall stone, stone-cutting machine, crushing plant, polymer-cement material, experimental ground.

[1]Е.З Букаев, [1]Г.Ж Кенжетаев, [1]А.К Серикбаева. [2]Г.К. Муталибова
([1]Yessenov University, г.Актау, Казахстан
[2]РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия)

ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СТЕНОВОГО КАМНЯ ИЗ ОТХОДОВ ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА

Абстракт: В данной статье рассмотрены вопросы добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника и решение вопросов добычи известняка-ракушечника, как стенового камня, до глубины подсчета

запасов, и разработка комплекса природоохранных мероприятий, предупреждающих негативное влияние месторождения на окружающую среду, а также рассмотрены оборудование для добычи стенового камня и измельчения отходов добычи известняка-ракушечника. Выполнен анализ современное состояние проблемы добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника в западной части Казахстана. Установлены объемы запасов пильного камня, процент выхода делового камня и эксплуатационные потери камня, пригодного для вторичной переработки, с целью вовлечение объемов переработки в основную прибыль карьера. Определен участок Жетыбайского месторождения известняка-ракушечника, как экспериментального полигона для выполнения опытных работ и создания нового вида блочного камня на основе полимерцементной композиции известняка-ракушечника и дополнительных ингредиентов минеральных добавок. Обосновано применение оборудования для добычи стенового камня из известняка-ракушечника и его переработки, в соответствие с технологией разработки и оборудования для изготовления новых стеновых блоков. Установлены проблемы формирования потерь стенового камня из отходов известняка-ракушечника при его добыче.

Ключевые слова: известняк-ракушечник, стеновой камень, камнерезная машина, дробильная установка, полимерцементный материал, экспериментальный полигон.

В Казахстане имеется большое количество месторождений известняка-ракушечника, пригодных для добычи и изготовления стенового камня. Основные месторождении сосредоточены в западный части Казахстана – это месторождения: Голубая бухта, Ералиевское, Ералиевское – II, Бейнеуское, Мангышлакское – II, Мангышлакское – III, Южный Жетыбай, Северный Жетыбай и другие, имеющие огромные запаси стенового камня, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород» [1].

На многих месторождениях производится промышленная добыча блочного камня с выходом до 60% делового камня [2]. Одним из месторождении стенового камня, мы приводим Жетыбайское месторождение, на котором проводятся исследования использования отходов добычи, для создания искусственных бетонных и полимерцементных материалов. Повышенная шероховатость отходов добычи известняка, обеспечивает получение прочных контактов между цементным камнем и заполнителем в бетоне за счет хорошего сцепления между ними – специфическая адгезия [3,4].

Задачей настоящей работы является решение вопросов добычи известняка-ракушечника, как стенового камня, до глубины подсчета запасов, и разработка комплекса природоохранных мероприятий, предупреждающих негативное влияние при эксплуатации месторождения на окружающую среду.

Основное направление использования пильного камня — гражданское и промышленное строительство зданий и сооружений.

Месторождение Жетыбай-4 – Каракиянский район Мангистауской области, 13 км к северу от ж.-д. станции Жетыбай. Открыто в 1989 г. Б.Ф. Иваньшиным и З.М. Зеленцовой. Изучено в 1991 г. З.М. Зеленцовой. Тяготеет к Южно-Мангышлакскому прогибу. Продуктивная толща представлена известняками-ракушечниками органогенно-карбонатной формации, мелководной фации миоцена (сарматский ярус) (рис. 1).

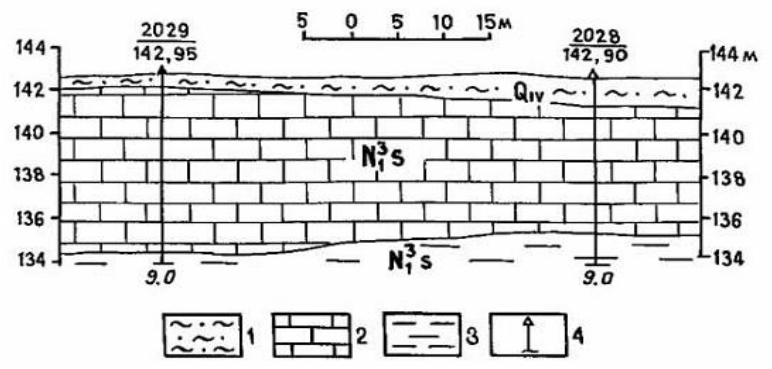


Рис. 1. Продуктивная толща месторождений Жетыбай-4, разрез по З.М. Зеленцовой.
1 – современные супеси; 2,3 – отложения сарматского яруса верхнего миоцена, 2 – известняк ракушечник; 3 – зеленовато-серые глины; 4 – скважина (вверху, в числителе – ее номер, в знаменателе – абсолютная отметка устья в метрах, внизу – глубина в метрах).

Fig.1. Productive thickness of Zhetybai-4 fields, section by Z. M. Zelentsova.
1 – modern single; 2,3 – sediments of the Sarmatian tier upper Miocene, 2 – limestone-shell; 3 – greenish-gray clay; 4 – well (at the top, the numerator – the number, in the denominator – absolute mark the wellhead in meters, bottom - depth in meters).

С поверхности известняки-ракушечники слабо выветрелые и перекрыты современными супесями средней мощностью 1,19 м. В подошве залегают сарматские зеленовато-серые глины. Выявлена пластообразная горизонтальная залежь известняков-ракушечников юго-западного простирания. Длина ее 400 м, ширина 220-320 м (средняя 270 м), мощность 3,5-9,1 м (средняя 6,1 м), глубина залегания кровли 0,5-4 м. Залежь не выдержана по строению, мощности и качеству сырья.

Физико-механические свойства известняков-ракушечников: объемная масса – 1,43-1,84 (1,65) г/см^3, водопоглощение – 8,3-17,8 (13,03) %, предел прочности на сжатие (кг/см^2) в сухом состоянии – 14,9-35,3 (22,81), водонасыщенном – 8,4-17,8 (13,77), после 15 циклов замораживания и оттаивания – 5,9-15,2 (10,19), потеря прочности после испытания на морозостойкость – 0,6-6,4 (3,46)%, коэффициент размягчения – 0,5-0,82 (0,61). Выход товарного камня, определенный по суммарной высоте не нарушенных столбиков керна ħ 20 см составил 70,9 %.

Известняки-ракушечники пригодны в качестве стенового облицовочного камня. Согласно ГОСТа 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород» марки камня – 15:25:35. Запасы известняков-ракушечников, учтенные госбалансом на 01.01.97 г., составляют по категориям В+С$_1$ 667 тыс. м^3, в том числе по В – 167 тыс. м^3, С$_1$ – 500 тыс. м^3. Возможна его отработка карьером с проектной глубиной 12,0 м при коэффициенте вскрыши 0,2. Горнотехнические условия эксплуатации благоприятны [1].

Добыча стенового камня может производиться поуступно камнерезными машинами СВМ-028, СМ-17,7 А производительностью 3-6 м^3/час. Высота рабочего уступа 0,41 м. При годовой производительности карьера 50 тыс. м^3 срок обеспеченности запасами 13 лет. Перспективы прироста запасов возможны за счет доразведки флангов месторождения.

Качественная характеристика полезного ископаемого определена по результатам лабораторных определений физико-механических свойств и химического состава. Оценка физико-механических свойств проводилась по требованиям ГОСТ 4001-2013 «Камни стеновые из горных пород» и изменения № 1 к ГОСТу, принятого Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС) 17.05.2000г [1,5].

Согласно результатов физико-механических испытаний качественные характеристики сырья по месторождению следующие:

- объемная масса от 1668 до 2085, при средней - 1,85 кг/м^3;
- водопоглощение от 2,3 до 15,8, при среднем - 5,4 %;
- предел прочности (кгс/см^2) при сжатии в сухом состоянии от 13,3 до 86,1, при среднем - 50,4 кг/см^2.

По результатам испытаний рядовых проб известняки-ракушечники оценены как сырье, пригодное для выпуска рядового стенового камня по ГОСТ 4001-2013 [1]. По марочному составу (доля марки «15» составляет по разведанному участку 6,5%, марки «25» - 6,9%, марки «35» - 34,3%, марки «50» - 33,3%, марки «75» - 19%) камень на «Участке №3 в районе Жетыбайского месторождения» представлен аналогичными по прочности марками камня, который добывается на основной части разрабатываемого Жетыбайского месторождения известняка-ракушечника. Известняк на «Участке №3» характеризуется маркой по морозостойкости «F-25».

Запасы известняка-ракушечника по состоянию на 01.06.2010г. составляют С$_1$=724,67. Выход товарного камня из горной массы - 45%.

Выбор участка Жетыбайского месторождения известняка-ракушечника принятого, как экспериментального полигона для выполнения опытных работ и создания нового вида блочного камня на основе полимерцементной композиции известняка-ракушечника и дополнительных ингредиентов минеральных добавок (рис. 4) [6].

Добыча стенового камня из массива состоит из двух операций: первая – проведение поперечных вертикальных пропилов по всей длине фронта работ уступа от заходной до выходной фланговых траншей; вторая – выполнение горизонтальных пропилов и отделение камней от массива вертикальным продольным (затыловочным) пропилом.

Применяемое оборудование на месторождении Жетыбай машина "Прима" предназначена для добычи стеновых каменных блоков размером 188х190х390мм, отвечающих требованиям ГОСТ 4001-2013, в открытых выработках (карьерах) при прочности добываемой породы на сжатие – до 25 МПа (рис. 2).



Рис. 2. Машина «Прима»

Данная машина имеет ряд неоспоримых преимуществ перед имеющимися аналогами, которые в настоящее время устарели. Она очень компактна, легка в управлении, требует меньшего количества обслуживающего персонала. Приводы пил оснащены высоконадежными редукторами фирмы Brevini, привод подачи бесступенчатый с гидровариатором итальянского производства. Рабочим инструментом этой машины служат дисковые пилы (рис. 3).



Рис. 3. Дисковая пила камнерезной машины «Прима»
Fig. 3. Circular saw blade of the stone-cutting machine «Prima»

Резцы оснащены твердосплавными сменными пластинками марки ВК8 высокой износостойкости с возможностью 3-х кратного поворота режущей грани. Сами резцы также легко можно заменить в условиях карьера. Производительность машины значительно выше, за счет качественного инструмента и уменьшения ширины пропилов по сравнению с аналогами. Качество поверхности выпиливаемого камня не требует дополнительной обработки (рис. 4). Машина ремонтно-пригодна в условиях карьера. Не требует высокого уровня обслуживающего персонала.



Рис. 4. Участок выпускаемой продукции

При эксплуатации машин на месторождениях природного камня обычно применяют систему разработки, при которой сначала нарезают систему поперечные вертикальные пропилы, а затем

одним вертикальным и двумя горизонтальными пропилами в продольном направлении отделяют блоки от забоя по всему фронту.

Для производства щебня из стенового камня при переработке прочных горных пород на первой стадии дробления применяются, как правило, щековые дробилки. Это обусловлено двумя основными факторами: относительно большими размерами приемных отверстий дробилок и большими развиваемыми усилиями дробления, основанными на способе «раздавливание».

Принцип работы щековых дробилок заключается в следующем. В камеру дробления, имеющую форму клина и образованную двумя щеками, из которых одна – неподвижная, а другая – подвижная, поступает порода, подлежащая дроблению. В процессе работы дробилки куски породы из-за клинообразности камеры располагаются по высоте камеры в зависимости от крупности: более крупные – вверху, менее крупные – внизу.

Подвижная щека, периодически приближаясь к неподвижной, сдавливает находящиеся в камере куски породы, которые по мере разрушения продвигаются вниз по камере под действием силы тяжести и выходят из камеры дробления, если их размер становится меньше размера выпускной щели дробильной камеры.

В настоящее время наиболее распространенными являются две кинематические схемы щековых дробилок: с простым и сложным движением щеки (рис. 5).

а *б*

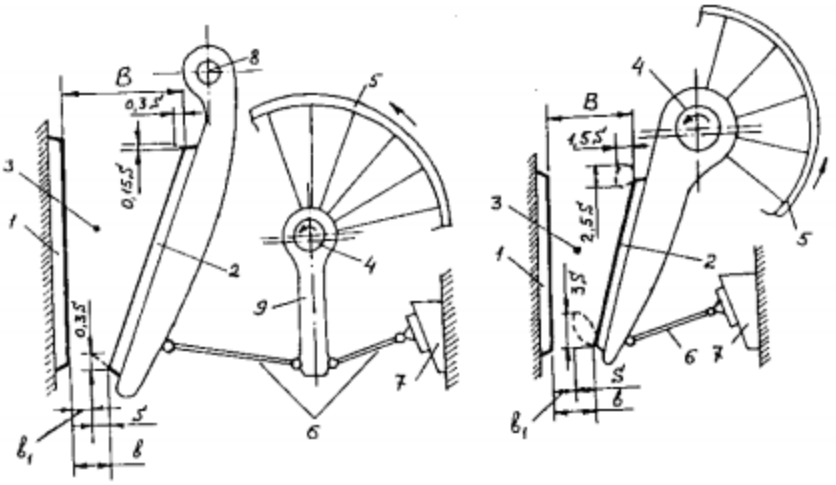


Рис. 5. Кинематические схемы щековых дробилок:
а - с простым движением щеки; *б* - со сложным движением щеки

В дробилке с простым движением (рис. 5, *а)* подвижная щека 2 подвешена на неподвижную ось 8, Шатун 9 дробилки верхней головкой шарнирно соединен с приводным эксцентриковым валом 4, получающим вращение от маховика 5. В нижнюю часть шатуна шарнирно упираются две распорные плиты 6, одна из которых противоположным концом упирается в нижнюю часть подвижной щеки, другая – в регулировочное устройство 7. При вращении эксцентрикового вала нижняя часть шатуна движется вверх и вниз, угол между плитами меняется, и подвижная щека получает колебательное движение.

Траектории движения верхней и нижней точек подвижной дробящей плиты и их значения в зависимости от хода 5 указаны на рисунке 5, *а.*

Преимущества данной кинематической схемы:

- малая вертикальная составляющая хода дробящей плиты увеличивает срок службы плит;
- большая сила сжатия в верхней части камеры дробления, что очень важно при дроблении кусков породы больших размеров и прочности.

Недостатки этой кинематической схемы:

- малый ход сжатия в верхней части камеры дробления;
- малые усилия захвата куска породы в верхней части камеры.

В дробилке со сложным движением (рис. 5, б) подвижная щека 2 шарнирно подвешена на эксцентричной части приводного вала 4. Низ подвижной щеки шарнирно опирается на распорную плиту 6, которая другим концом опирается на регулировочное устройство 7.

Дробилка со сложным движением щеки наиболее проста по конструкции, компактна и менееметаллоемка по сравнению с дробилками других типов. У такой дробилки траектория движения подвижной щеки представляет собой замкнутую кривую. В верхней части камеры дробления эта кривая – эллипс, приближающийся к окружности, в нижней – сильно вытянутый эллипс.

Преимущество этой кинематической схемы состоит в том, что горизонтальный ход щеки в верхней части камеры дробления достаточен для интенсивного дробления, а направление движения верхних точек подвижной щеки в сторону загрузки способствует лучшему захвату куска породы.

Недостатком является то обстоятельство, что вследствие большой вертикальной составляющей хода подвижной щеки происходит интенсивное истирание камня в нижней части рабочей камеры, что приводит, во–первых, к быстрому износу дробящих плит и, во–вторых, к переизмельчению материала, на что расходуется часть мощности, потребляемой при дроблении.

Следует отметить, что дробилки с простым движением подвижной щеки могут быть с успехом применены при дроблении высокопрочных и абразивных пород, а дробилки со сложным движением подвижной щеки наиболее приспособлены для дробления пород со средней прочностью и меньшей абразивностью. Однако из-за меньшей массы и габаритных размеров дробилок со сложным движением щеки их зачастую используют и при дроблении прочных и абразивных пород, в частности, на передвижных дробильно-сортировочных установках, где указанные преимущества имеют решающее значение.

В настоящее время на месторождении Жетыбай по добыче известняка-ракушечника для переработки отходов применяются мобильная-дробильная установка. Модель мобильной-дробильной установки – M2Y1237P84G39E46. При дробления отходов известняка-ракушечника образуется строительный отсев, который является непременной составляющей для создания искусственных бетонных и полимерцементных материалов. На рисунке 6 приведена схема мобильной-дробильной установки.

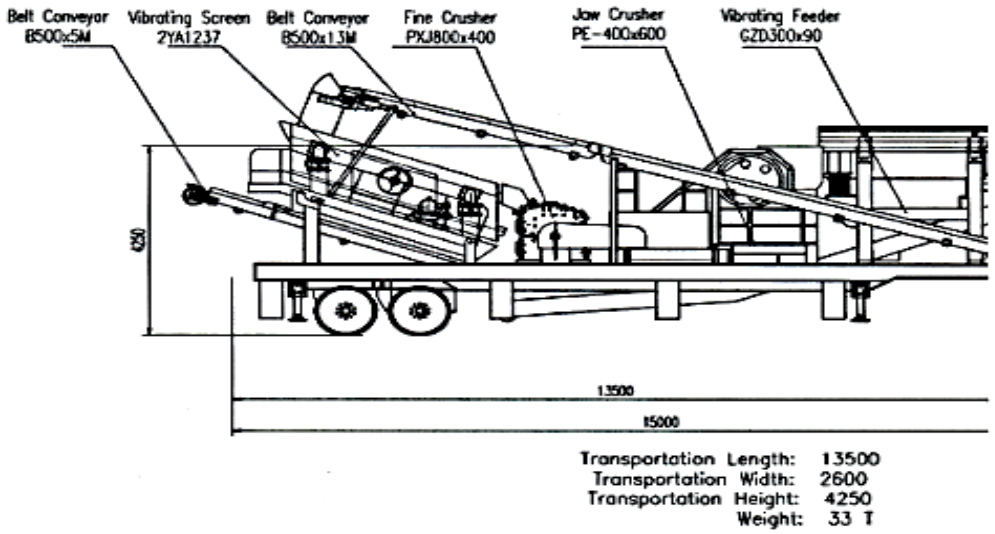


Рис. 6. Мобильная-дробильная установка применяемое на месторождении Жетыбай (Участок №3)

Таблица 1. **Параметры мобильной-дробильной установки**

Модель	Вибрационный питатель	Щековая дробилка	Эффективная дробилка	Вибрационный грохот	Вес (t)	Количество осей	Габарит (длина/ширина/высота) (mm)
M2Y1237P84G39E46	GZD-300X90	PE400X600	PXJ 800X400	2YA1237	33	2	13500x2600x4250

На рисунке 7 приведен фрагмент мобильной-дробильной установки в работе на месторождения Жетыбай (Участок №3) ТОО «Шелстоун».



Рис. 7. Фрагмент мобильной-дробильной установки в работе

В то же время огромное количество образуемых при переработке горных пород отсевов дробления, которые используется не в полной мере и зачастую относятся к отходам производства, складируется в отвалах.

После переработки камня ракушечника на классифицирующем комплексе можно получить мелкий щебень и строительные отсев, наполнители и другие материалы [6]. Установка только одной линии по классификации отсевов позволяет получить в год около 200 тонн товарной продукции.

В настоящее время отсев уже успешно применяются во многих странах в производстве строительных материалов. Причем качество материалов на основе отсева из известняка-ракушечника в большинстве случаев оказывается выше, чем качество аналогичных материалов на основе природного песка.

Ранее авторами [4] установлено, что:

- при сохранении показателей роста расхода цемента и подвижности смеси прочность карбонатобетона с добавкой ПАА, повышается на 15%, при снижении расхода вяжущего на 30%.
- при введении полиакриламида жесткость бетона на заполнителях из отходов известняка-ракушечника снижается более чем в 2 раза, по сравнению с жесткостью смеси без добавки;
- используются отходы известняка-ракушечника с низкой прочностью совместно с пластификаторами, не используемые в традиционной технологии, способствующей экономии цемента до 10%, что сопоставимо с показателями расхода на единицу прочности в тяжелых бетонах.

Зарубежная (Франция, Германия, СНГ) и отечественная наука (НИИСтромпроект. Алматы) и практика в области получения пластифицированных бетонов и растворов на плотных заполнителях в настоящее время достигла значительных успехов. Что же касается бетонов на пористых заполнителях, то здесь исследования еще далеко не закончены. В качестве пластификаторов применялись сульфитно-спиртовая барда (ССБ) (группа пластификаторов–пептизаторов) и воздухововлекающая добавка. Предполагалась, что при сохранении постоянными показателей расхода цемента и подвижности бетонной смеси, прочность бетонов с добавкой ССБ, в количестве 0,15-0,30% от веса цемента, по сравнению с бетонами без добавок, может быть повышена на 10-15% и более [7].

В отличие от рассмотренных выше дробилок, сжимающих кусок породы между двумя дробящими поверхностями, в дробилках ударного действия материал подвергается воздействию ударом только с одной стороны, а возникающие при этом усилия дробления уравновешиваются силами инерции самого куска породы. Таким образом в дробилках ударного действия дробимый материал разрушается механическим ударом, при котором кинетическая энергия движущихся тел полностью или частично переходит в энергию деформации и разрушения.

Дробилки ударного действия применяют, в основном, для измельчения малоабразивных материалов средней прочности, таких как известняк, доломит, мергель и др. При дроблении этих материалов особенно проявляется высокая эффективность дробилок ударного действия: высокая степень дробления; низкая металлоемкость; простота конструкции и удобство обслуживания; избирательность дробления; более качественный продукт по форме зерен.

По конструктивному решению дробилки ударного действия делятся на два основных типа:

роторные и молотковые.

Роторные – это дробилки, имеющие массивный ротор, на котором жестко закреплены сменные била из износостойкой стали. Такие дробилки можно применять для дробления крупных кусков сравнительно прочных пород, а также на последующих стадиях дробления. В ударе по куску породы принимает участие вся масса ротора.

Молотковые – это дробилки, в которых дробление осуществляется за счет кинетической энергии отдельных молотков, шарнирно подвешенных к массивному ротору.

Принцип действия дробилок обоих типов практически одинаков и заключается в следующем. Исходный материал загружается в дробилку сверху и под действием силы тяжести свободно падает или скользит по лотку и попадает на быстро вращающийся ротор. Под действием удара рабочей поверхностью била или молотка кусок породы разрушается и отбрасывается на футеровку – отбойные плиты или колосники, образующие камеру дробления. Ударяясь о футеровку, материал дополнительно измельчается и, отражаясь, снова попадает на била или молотки ротора. Это повторяется многократно до тех пор, пока куски породы, достигнув определенной крупности, не выйдут через выходную щель или щель колосниковой решетки на разгрузку.

Таким образом, во всех дробилках ударного действия куски породы измельчаются от: удара о быстро вращающийся рабочий орган; соударения кусков между собой; удара о подвижную футеровку камеры дробления; действия центробежных сил. В молотковых дробилках часть породы разрушается истиранием при окончательном разрушении дробленого материала на колосниковой решетке.

Производительность дробилок ударного действия зависит от размеров ротора и частоты его вращения и может быть определена (в т/ч) по формуле:

$$Q = \frac{KDLn^2}{[3600(i-1)]}, \quad 1)$$

а мощность электродвигателей дробилок определяется по выражению, кВт:

$$N_{дв} \approx (3 \div 4)DLV, \quad 2)$$

где К – коэффициент, зависящий от конструкции дробилки и крепости дробимой породы, примерно равен единице; D – диаметр ротора дробилки, м; L – длина ротора дробилки, м; N – частота вращения ротора, мин$^{-1}$; i - степень дробления породы; V – окружная скорость молотков (бил), м/с.

Выход бута, оскола и мелочи математическому определению не подлежит, так как зависит от конкретных особенностей (трещиноватости, характера слоистости) полезной толщи и структурно-текстурных свойств камня данного месторождения или его участка.

Согласно Экспертного заключения средний выход товарного стенового камня на рассматриваемом участке принят на уровне 45%.

Исходя из этого, всего технологические потери при добыче стенового камня составят 223,09 тыс. м^3 (55,0% от эксплуатационных запасов – 405,62х0,55), в том числе в технологических траншеях – 20,92 тыс. м^3 (5,16%), в пропилах – 89,24 тыс. м^3 (22%), бут, оскол, мелочь – 112,93 м^3 (27,84%).

Потери, связанные с погрузочно-разгрузочными работами и транспортировкой, принимаются равными 0,3% от объема добытого камня (405,62х0,003) – 1,22 тыс. м^3.

Промышленные (эксплуатационные) запасы, извлекаемые за весь период разработки, учитывая эксплуатационные потери первой группы:

$$V_{пром} = V_б - П_{1гр} = 451,5 - 45,88 = 405,62 \text{ тыс. м}^3 \quad 3)$$

где $V_б$ - балансовые запасы

$$К_о = 100 - V_{пром-1} \times 100\% = 100 - 404,4 \times 100\% = 10,43\% \quad 4)$$

Относительная величина потерь по месторождению составит ($П_о$):

$$П_о = П_{1гр} + П_{2гр} = 45,88 + 1,22 = 47,1 \text{ тыс. м}^3 \quad 5)$$

$$V_{пром-1} = 451,5 - 47,1 = 404,4 \text{ тыс. м}^3 \quad 6)$$

Полнота извлечения запасов полезного ископаемого из недр выражается коэффициентом извлечения $К_и$:

$$К_и = \frac{100\% - 10,43\%}{100\%} = 0,896 \quad 7)$$

Средний эксплуатационный коэффициент вскрыши *в проектном контуре карьера составит:*

$$К_{вскр} = \frac{V_{вскр}}{V_{вскр}} = \frac{131,25}{405,62} = 0,32 \quad 8)$$

Таблица 2 - **Баланс запасов полезного ископаемого и вскрышных пород**
Table 2 - **Balance of reserves mineral deposits and overburden rocks**

№№	Наименование показателей	Ед. измерения	Количество
1	***Эксплуатационные потери первой группы всего, в т. ч.***	тыс. м^3	***45,88***
1.1	- при планировочных работах	тыс. м^3	17,22
1.2	- в бортах карьера	тыс. м^3	17,33
1.3	- в подошве карьера	тыс. м^3	11,33
	Итого эксплуатационных потерь	тыс. м^3	270,19
2	Коэффициент потерь	тыс. м^3	10,43
3	Коэффициент извлечения известняка-ракушечника		0,896

По условиям Технического задания производительность карьера по известняку-ракушечнику (к списанию) колеблется от 1,3 до 37,3 тыс. м^3. Отработка промышленных запасов согласно календарного плана (за вычетом эксплуатационных потерь) составляет: 2016 – 2018 гг. – по 1,17 тыс. м^3, 2019 – 2029 гг. – по 33,5 тыс. м^3 ежегодно, 2030 г. – остаток 133,61 тыс. м^3.

Таблица 3 – **Годовая и сменная производительность добычи пильного камня**

№	Наименование показателей	Един. изм.	Показатели	
			полезное	вскрыша
1	Годовая производительность	тыс. м^3/год	1,17-33,5	0,3-10,9
2	Сменная производительность	м^3	4,7-134,5	3,8-136,2

Повышения рентабельности добычи пильного камня возможно за счет комплексного использования месторождения, то есть вовлечения в доходы карьера эксплуатационных потерь.

В соответствие с проектом эксплуатационные потери определены в объеме 270,19 тыс. м^3 делового камня, следовательно, дополнительная переработка потерь на основе создания новой технологии производства высокопрочного камня на основе полимерцементной композиции известняка.

Выводы.

1. Выполнен анализ современное состояние проблемы добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника в западный части Казахстана; установлены объемы запасов пильного камня, процент выхода делового камня и эксплуатационные потери камня, пригодного для вторичной

переработки, с целью вовлечение объемов переработки в основную прибыль карьера.

2. Определен участок Жетыбайского месторождения известняка-ракушечника, как экспериментального полигона для выполнения опытных работ и создания нового вида блочного камня на основе полимерцементной композиции известняка-ракушечника и дополнительных ингредиентов минеральных добавок;

3. Обосновано применение оборудования для добычи стенового камня из отходов известняка-ракушечника и его переработки, в соответствие с технологией разработки и оборудования для изготовления новых стеновых блоков;

4. Установлены проблемы формирования потерь стенового камня из отходов известняка-ракушечника при его добыче.

ЛИТЕРАТУРА

[1] ГОСТ 4001-2013. Камни стеновые из горных пород. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ». 2015. – 10с.

[2] Букаев Е.З., Серикбаева А.К., Перспективность применений серы, нефтепромышленности для получения строительных материалов // Развитие науки и техники в освоении недр Казахстана: матер. междунар. науч.-практ. конф. посв. 90-летию академика Ш.Есенова. - Актау, 2017. - стр.274-278.

[3] Грозав В.И., Муталибова Г.К. Снижение средней плотности бетонов на основе заполнителей из отходов камнепиления известняков-ракушечников // Природообустройство сельскохозяйственных территорий: матер. науч.-тех. конф. - М.: МГУП, 2001. – 105-106 с.

[4] Грозав В.И., Муталибова Г.К. Влияние водопоглощения пористого известнякового щебня на водопоглощение и водонепроницаемость известнякового бетона // Природообустройство и экологические проблемы водного хозяйства и мелиорации: матер. науч.-тех. конф. - М.: МГУП, 1999. – 100-101 с.

[5] ГОСТ 10181-2000. Смеси бетонные методы испытаний. – М.: Госстрой России, ГУП ЦПП, 2001. – 18с.

[6] Пат. 4370 РК. Полимерцементная композиция / Г.Ж. Кенжетаев, А.К. Серикбаева, Е.З. Букаев, А.М. Айтимова, А.Н. Боранбаева, Ш.К. Баймукашева; опубл. 25.10.2019, Бюл. № 43. – 3 с.

[7] Исаев А.В. Исследование свойств пластифицирующей и водоредуцирующей добавок и их влияния на свойства бетонной смеси и бетона: учеб. - метод. пос. / А.В. Исаев; Нижегор. гос. архитектур. - строит. ун-т - Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. – 33 с.

Букаев Е.З, Кенжетаев Г.Ж, Серикбаева А.К, Муталибова Г.К.

Әктас-ұлутас қалдықтарынан қабырға тасын өндіру мәселелері

Түйіндеме. Бұл мақалада әктас-ұлутас қалдықтарынан қабырға тастарын өндіру және кен орнының қоршаған ортаға теріс әсерін ескертетін табиғатты қорғау іс-шаралары кешенінің мәселелері қарастырылған, сондай-ақ қабырға тастарын өндіру және әктас-ұлутас өндірісінде қалдықтарын ұсақтау үшін жабдықтар қарастырылған. Қазақстанның батыс бөлігіндегі әктас-ұлутасынан қабырға тастарын өндіру мәселелерінің қазіргі жағдайына талдау жасалынды. Карьердің негізгі пайдасына қайта өңдеу көлемін тарту мақсатында көбікті тас қорының көлемі, іскерлік тастың шығу пайызы және екінші реттік қайта өңдеу үшін жарамды тастың пайдалану шығындары айқындалған. Тәжірибелік жұмыстарды орындау және әктас-ұлутастың полимерцементтік композициясы және минералдық қоспалардың қосымша ингредиенттері негізінде блокты тастың жаңа түрін жасау үшін эксперименттік полигон ретінде Жетыбай әктас-ұлутас кен орнының учаскесі анықталды. Жаңа қабырға блоктарын дайындауға арналған жабдық және әзірлеу технологиясына сәйкес әктас-ұлутастан қабырға тастарын өндіру және оны қайта өңдеу үшін жабдықты қолдану негізделген. Оны өндіру кезінде әктас-ұлутас қалдықтарынан қабырға тастарының ысырабын қалыптасу мәселелері анықталды.

Түйінді сөздер: әктас-ұлутас, қабырға тасы, тас кесу машинасы, ұнтақтау қондырғысы, полимерцементті материал, сынақ полигоны.

УДК 539.215.9

[1]Y.Y. Kedruk, [2]M.B.Aitzhanov, [1,2]L.V. Gritsenko, [2]Kh.A. Abdullin
([1]Satbayev University, Satpayev str., 22, Almaty, Kazakhstan
[2] al-Farabi Kazakh National University,
al-Farabi ave., 71, Almaty, Kazakhstan
E-mail: janegirl10@mail.ru)

EFFECT OF SYNTHESIS TEMPERATURE ON THE PROPERTIES OF ZnO/CuO NANOCOMPOSITES

Abstract. In this work ZnO/CuO nanocomposite materials were synthesized by the low-cost chemical deposition. Photocatalytic activity, morphology, and structural properties of synthesized composite materials were studied. It was noted that the morphology of the synthesized ZnO/CuO samples depend on the synthesis temperature. It was found that the obtained composites demonstrate photocatalytic activity, which allows them to be used as catalytically active substances, for wastewater treatment. It was noted that degradation of the RhB dye was more active in presence of samples synthesized at a lower temperature.

Key words: chemical deposition, ZnO/CuO nanocomposites, photocatalytic activity.

[1]Е.Ю. Кедрук, [2]М.Б. Айтжанов, [1,2]Л.В. Гриценко, [2]Х.А. Абдуллин
([1]Satbayev University
[2]Национальная нанотехнологическая лаборатория открытого типа при КазНУ им. аль-Фараби,
г. Алматы, Республика Казахстан
E-mail: janegirl10@mail.ru)

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА НА СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ ZnO/CuO

Аннотация. В данной работе нанокомпозитные материалы ZnO/CuO были получены низкозатратным методом химического осаждения. Изучены фотокаталитическая активность, морфология и структурные свойства синтезированных композитных материалов. Отмечено, что морфология синтезированных образцов ZnO/CuO зависит от температуры синтеза. Обнаружено, что полученные композиты демонстрируют фотокаталитическую активность, что позволяет использовать их в качестве каталитически активных веществ, для очистки сточных вод. Замечено, что на образцах, синтезированных при более низкой температуре, деградация красителя RhB происходила активнее.

Ключевые слова: метод химического осаждения, нанокомпозиты ZnO/CuO, фотокаталитическая активность.

Введение

В течение последних десятилетий текстильная и другие отрасли промышленности выбрасывают разнообразные опасные загрязнители в водную среду. В связи с быстрым глобальным изменением климата эта проблема приобрела особую важность [1]. Для очистки сточных вод используют такие методы, как фильтрация, адсорбция и сжигание, но они не могут полностью разложить органические загрязнители [2]. Однако в последнее время фотокаталитические процессы с использованием наночастиц доказали свою эффективность, экономичность и экологичность при удалении органических загрязнителей из воды при облучении ультрафиолетовой лампой или при воздействии солнечного излучения [3-6].

Фотокаталитическая реакция окисления органических загрязнителей ускоряется благодаря присутствию катализатора [7]. Доказана эффективность использования оксидов полупроводниковых металлов в качестве фотокатализатора в фотокаталитических реакциях, поскольку электрон-дырочные пары, созданные в этом процессе, разрушают молекулы красителя [8].

Нанокомпозиты, содержащие оксиды металлов, представляют большой исследовательский интерес ввиду высокой эффективности фотокаталитической деградации и отсутствия вторичного загрязнения при очистке сточных вод [9,10]. Оксид меди (CuO) является полупроводником p-типа, обладающим запрещённой зоной в диапазоне около 1,2–1,79 эВ [11], что позволяет использовать его в качестве сокатализатора с ZnO [12,13], чтобы усилить фотокаталитическую активность под действием ультрафиолетового излучения [14]. Нанокомпозиты ZnO/CuO позволяют снизить скорость рекомбинации и повысить фотокаталитическую активность [15].

В представленной работе нанокомпозиты ZnO/CuO были синтезированы низкозатратным методом химического осаждения. Полученные материалы были исследованы с помощью дифракции рентгеновских лучей (XRD) и сканирующей электронной микроскопии (SEM). Родамин B (RhB) - это не биоразлагаемое и опасное органическое соединение, интенсивно используемое в текстильной промышленности, поэтому именно он был выбран в качестве мишени для разложения и оценки фотокаталитических свойств композитов с использованием ультрафиолетового излучения. В работе представлена зависимость размера наночастиц композитных соединений ZnO/CuO и их фотокаталитической активности от температуры синтеза.

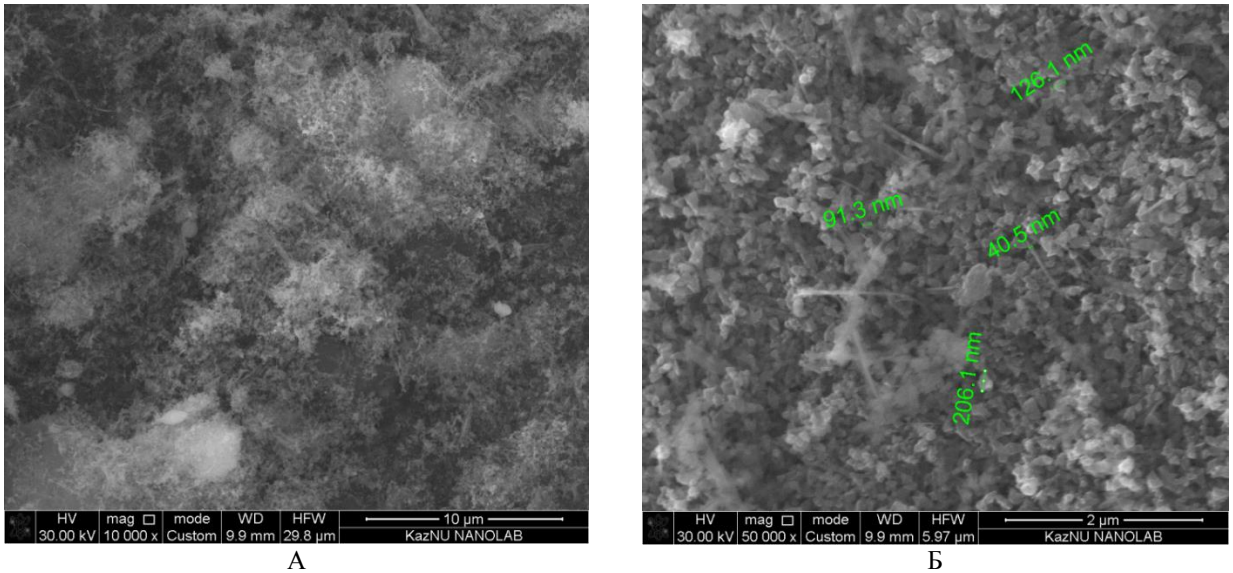
Описание эксперимента

Наноструктурированные композиты ZnO/CuO были синтезированы методом химического осаждения. При этом был использован водный раствор, содержащий хлорид цинка $ZnCl_2$ 2.0 мМ, сульфат меди $CuSO_4 \times 5H_2O$ 1.0 ммоль и 10.0 ммоль NaOH. Синтез осуществлялся в герметично закрытом стеклянном стакане на водяной бане в течение трёх часов при температурах 80°C (образец ZCP 1), 75°C (образец ZCP 2), 70°C (образец ZCP 3), уровень pH при этом был равен 11. По окончанию синтеза полученные образцы были многократно промыты водой и высушены при температуре 125°C в течение 12 часов.

Морфология синтезированных образцов была изучена методом сканирующей электронной микроскопии (SEM) с помощью микроскопа Quanta 3D 200i. Кристаллическая структура образцов исследована методом широкоугловой рентгеновской дифракции XRD (x-ray diffraction) с помощью дифрактометра MiniFlex Rigaku. Спектры оптической плотности измерены на спектрофотометре Lambda 35 (PerkinElmer) в диапазоне 300-800 нм.

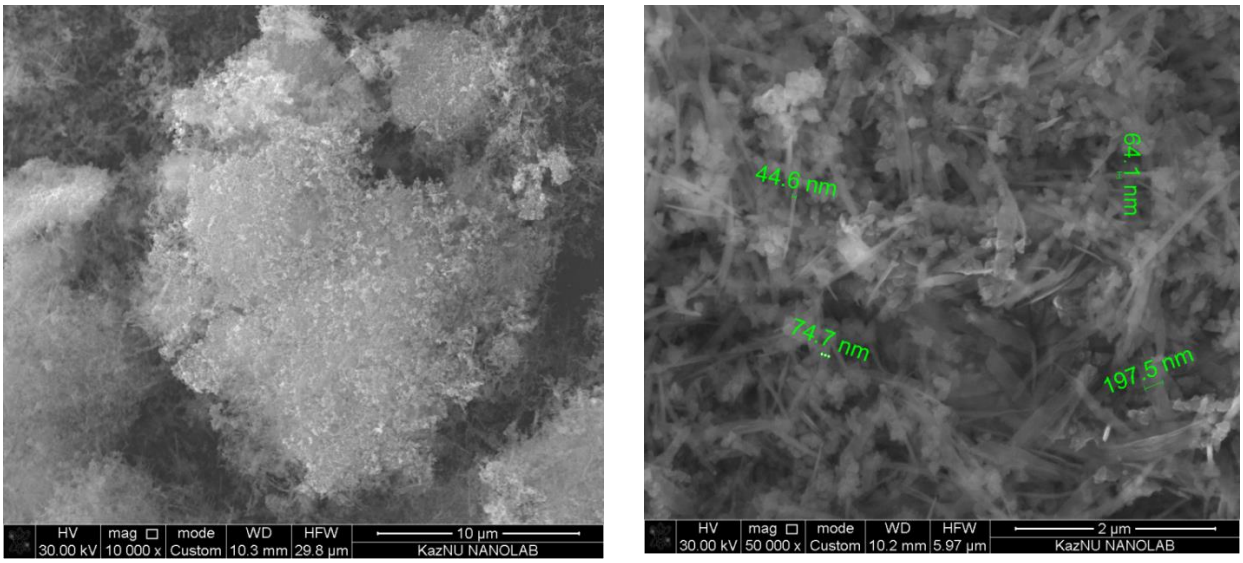
Обсуждение полученных результатов

Как показали результаты исследования методом электронной микроскопии, морфология образцов ZCP 1, ZCP 2 и ZCP 3 представляет собой тонкие нитевидные стержни ZnO с прикреплёнными к ним наночастицами CuO (рис. 1-3).



А Б

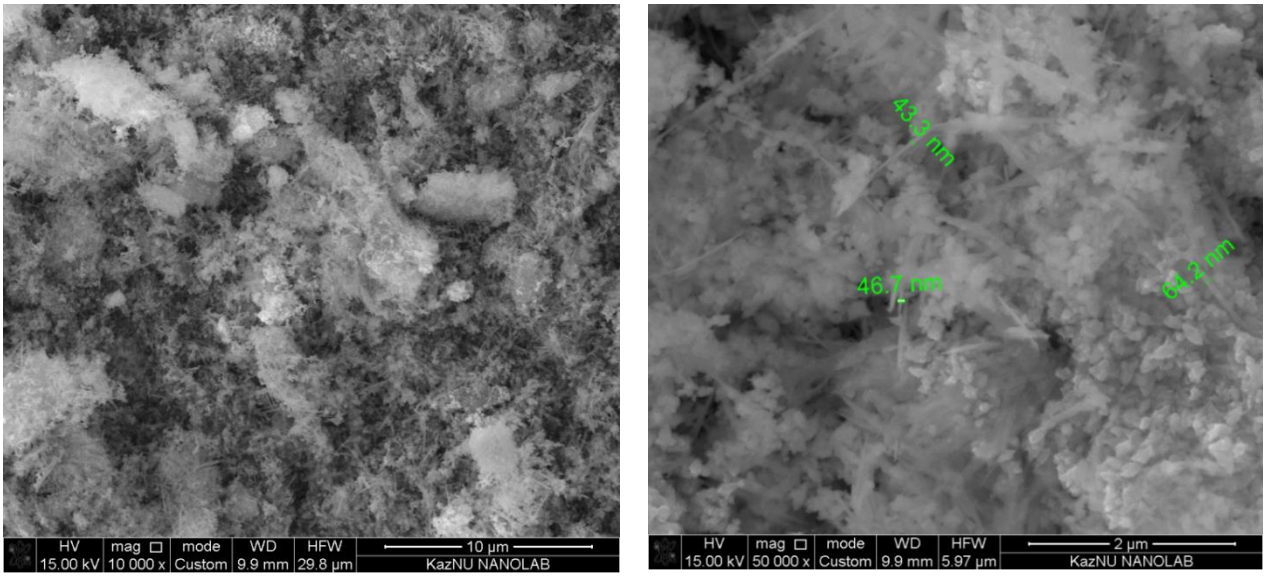
Рис. 1. Морфология образца ZnO/CuO (ZCP 1), продолжительность синтеза 3 часа, температура 80°C, pH=11



А Б

Рис. 2. Морфология образца ZnO/CuO (ZCP 2), продолжительность синтеза 3 часа, температура 75°С, pH=11

Диаметр стержней изменяется в пределах (40-197) нм, частиц - (50-90) нм. Отмечено, что уменьшение температуры синтеза структур ZnO/CuO ведёт к уменьшению размеров частиц данных композитов.



А Б

Рис. 3. Морфология образца ZnO/CuO (ZCP 3), продолжительность синтеза 3 часа, температура 70°С, pH=11

Структурные свойства полученных образцов ZnO/CuO исследованы методом рентгеноструктурного анализа. Измерения XRD были выполнены при одних и тех же условиях для всех образцов. На рисунке 4 представлены дифрактограммы для образцов ZCP 1, ZCP 2, ZCP 3. Видно, что основной фазой является оксид цинка (PDF Card №00-036-1451) с гексагональной кристаллической решёткой вюрцита. Присутствуют также слабые рефлексы от моноклинной решётки оксида меди CuO (PDF Card 00-041-0254). Отмечено небольшое уменьшение интенсивности рефлексов фазы CuO с уменьшением температуры синтеза. Замечено небольшое увеличение полуширины для рефлексов (202) и (311) фазы CuO и (110) фазы ZnO. Оценка размеров кристаллитов по формуле Селякова - Шеррера

$$D=0.91\lambda / \beta \cos \Theta,$$

где D – размер кристаллитов, λ − длина волны рентгеновского излучения, β – полуширина соответствующей линии рентгенограммы, θ − угол дифракции в шкале 2Θ, соответствует данным, полученным методом электронной микроскопии.

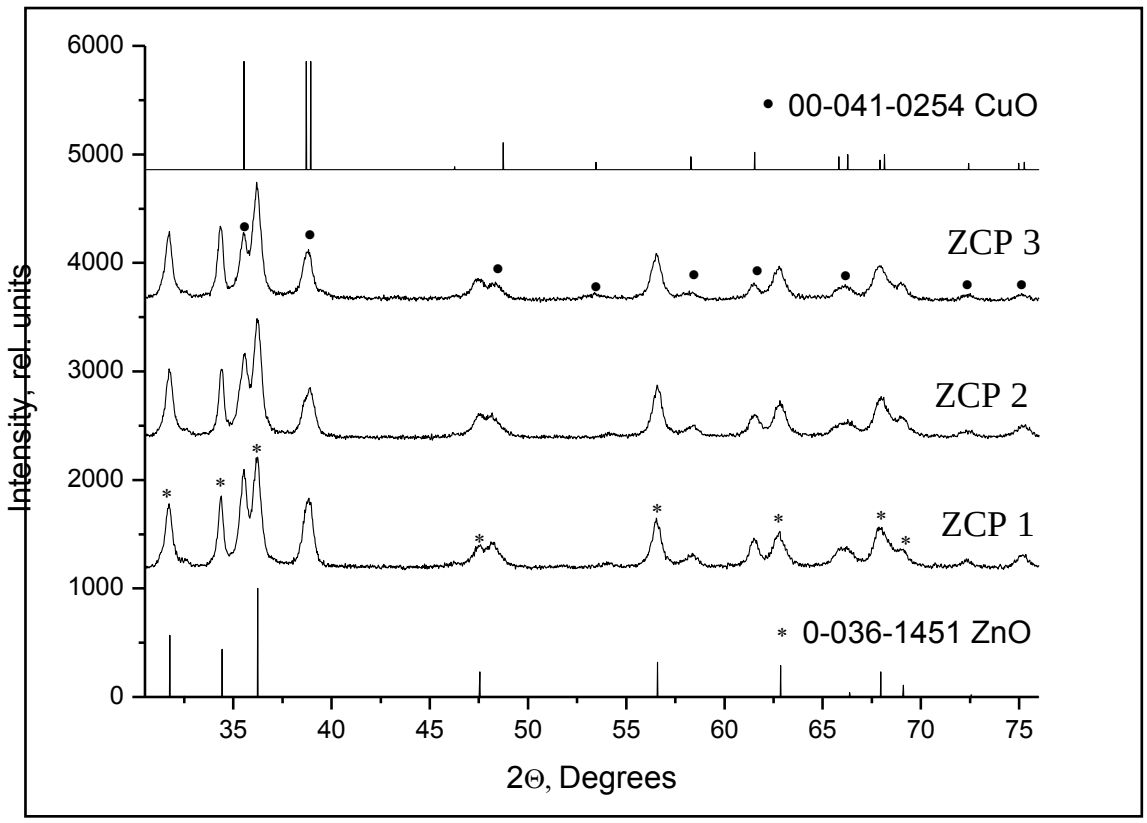


Рис. 4. Рентгенограмма образцов ZnO/CuO, синтезированных при температурах 70, 75 и 80°C

Фотокаталитическая активность синтезируемых образцов ZnO/CuO была изучена при деградации красителя RhB на поверхности ZnO/CuO NPs под воздействием УФ-освещения путём измерения спектров оптической плотности раствора. На рисунке 5 показаны спектры деградации водного раствора RhB-красителя, содержащего 9 мг образца ZCP 3, синтезированного при температуре 70°C, под действием ультрафиолетового излучения. Забор проб раствора RhB для измерения спектров оптической плотности осуществлялся через каждые 30 минут в течение 2.5 часов. Из рисунка видно, что максимум интенсивности поглощения исходного раствора RhB с порошком ZnO/CuO приходится на 554 нм.

С увеличением времени экспонирования интенсивность поглощения RhB постепенно снижается в присутствии образцов ZnO/CuO, что свидетельствует об уменьшении концентрации красителя RhB. Относительная концентрация красителя RhB уменьшается с увеличением времени экспозиции, при этом для всех представленных образцов краситель RhB значительно деградирует на поверхности образцов под действием УФ освещения в первые 30 мин экспозиции.

Кинетические кривые при фотодеградации красителя RhB в присутствии ZnO/CuO как функция времени для образцов, синтезированных при различной температуре, при УФ-освещении показаны на рисунке 6.

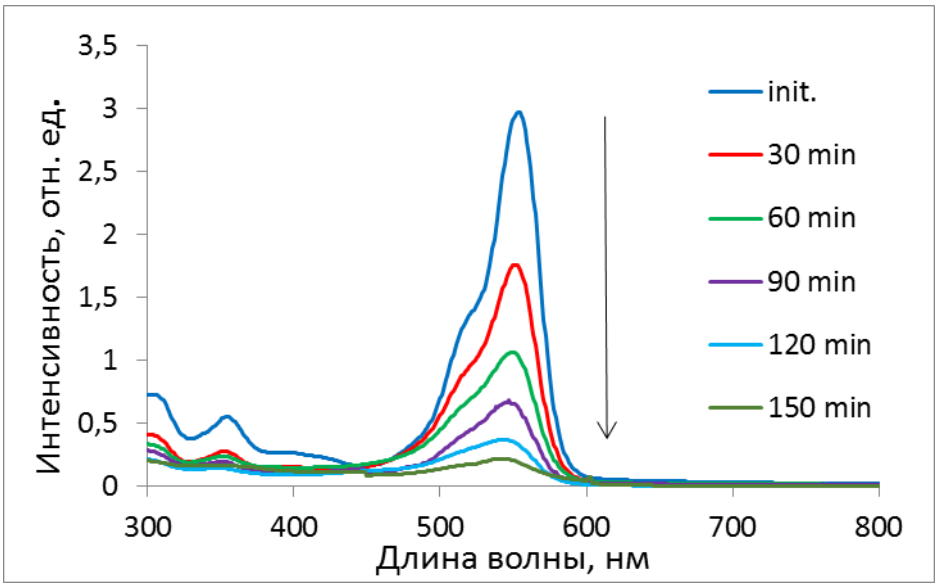


Рис. 5. Изменение спектров оптической плотности водного раствора RhB с образцом ZnO/CuO (ZCP 3), продолжительность синтеза 3 часа, температура 70°C, pH=11, при УФ-освещении в течение 150 мин

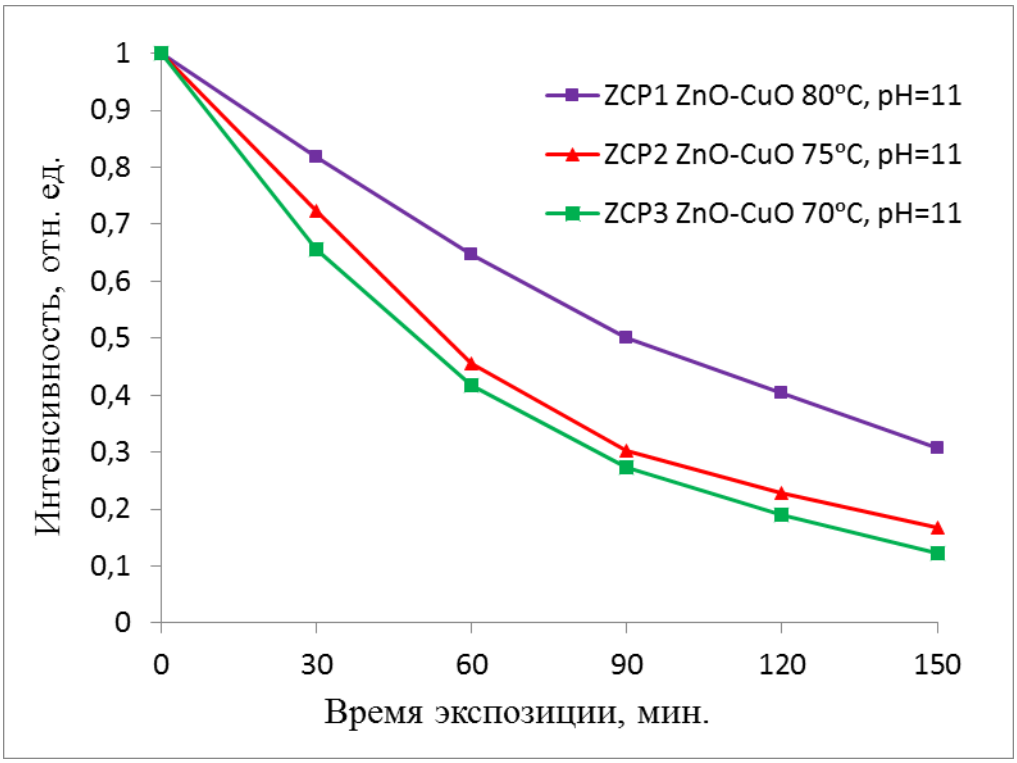


Рис. 6. Кинетические кривые при деградации раствора родамина-В в присутствии структур ZnO/CuO под действием УФ-излучения, ZCP 1, ZCP 2 и ZCP 3

Композиты ZnO/CuO демонстрируют фотокаталитическую активность. При этом деградация красителя RhB происходила активнее на образцах, синтезированных при более низкой температуре 70°C (ZCP 3).

Выводы. Отработан низкозатратный синтез структур ZnO/CuO методом химического осаждения. Изучены фотокаталитическая активность, морфология и структурные свойства синтезированных образцов. Отмечено, что уменьшение температуры синтеза структур ZnO/CuO ведёт к уменьшению размеров кристаллитов и препятствует кристаллообразованию CuO. Данные нанокомпозиты ZnO/CuO перспективны к использованию в качестве каталитически активных

веществ и в газовых сенсорах. Структуры ZnO/CuO демонстрируют фотокаталитическую активность, при этом деградация красителя RhB происходила активнее на образцах, синтезированных при более низкой температуре (ZCP 3), которые имели меньшие размеры нанокристаллов и большую удельную площадь.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Trenberth K.E., Dai A., Van der Schrier G., Jones P.D., Barichivich J., Briffa K.R., Sheffield J., Global warming and changes in drought // Nature Climate Change. -2014. –Vol. 4. –P. 17–22.

[2] Khin M.M., Nair A.S., Babu V.J., Murugan R., Ramakrishna S., A review on nanomaterials for environmental remediation // A review on nanomaterials for environmental remediation. -2012. –Vol. 5. –P. 8075–8109.

[3] Li Zhenzhen, Wang B., Qin X., Wang Y., Liu C., Shao Q., Wang N., Zhang J., Wang Z., Shen C., Guo Z., Superhydrophobic/superoleophilic polycarbonate/carbon nanotubes porous monolith for selective oil adsorption from water // ACS Sustainable Chemistry & Engineering. -2018. –Vol. 6(11). –P. 13747–13755.

[4] Gong K., Hu Q., Xiao Y., Cheng X., Liu H., Wang N., Qiu B., Guo Z., Triple layered core–shell ZVI carbon polyaniline composite enhanced electron utilization in Cr(VI) reduction // Journal of Materials Chemistry A. -2018. –Vol. 6. –P. 11119–11128.

[5] Tong H., Ouyang S., Bi Y., Umezawa N., Oshikiri M., Ye J., Nano-photocatalytic materials: possibilities and challenges // Advanced Materials. -2012. –Vol. 24(2). –P. 229–251.

[6] Qian Y., Yuan Y., Wang H., Liu H., Zhang J., Shi S., Guo Z., Wang N., Highly efficient uranium adsorption by salicylaldoxime/polydopamine graphene oxide nanocomposites // Journal of Materials Chemistry A. -2018. –Vol. 6. –P. - 24676–24685.

[7] Safardoust-Hojaghan H., Salavati-Niasari M., Degradation of methylene blue as a pollutant with N-doped graphene quantum dots/titanium dioxide nanocomposite// Journal of Cleaner Production. -2018. –Vol.148. –P.31–36.

[8] Khin M., Nair A., Babu V., Murugan R., Ramakrishna S., A review on nanomaterials for environmental remediation // Energy & Environmental Science. -2012. –Vol. 5(8). –P. 8075–8109.

[9] Zangeneh H., Zinatizadeh A., Habibi M., Akia M., Isa M., Photocatalytic oxidation of organic dyes and pollutants in wastewater using different modified titanium dioxides: A comparative review// Journal of Industrial and Engineering Chemistry. -2015. -Volume 26. –P.31-36.

[10] Yoki Y., Ridla B., Taufik H., nanocomposite prepared in one-pot green synthesis using seed bark extract of *Theobroma cacao*//Nano-Structures & Nano-Objects. -2018. -Volume 16. –P.300-305

[11] Mageshwari K., Nataraj D., Pal T., Sathyamoorthy R., Park J., Improved photocatalytic activity of ZnO coupled CuO nanocomposites synthesized by reflux condensation method // Journal of Alloys and Compounds. -2015. –Vol. 625. –P.362-370

[12] Zhang C., Yin L., Zhang L., Qi Y., Lun N., Preparation and photocatalytic activity of hollow ZnO and ZnO–CuO composite spheres // Mater. Lett. -2012. –Vol. 67. –P. 303–307.

[13] Wei A., Xiong L., Sun L., Liu Y.-J., Li W.-W., CuO Nanoparticle Modified ZnO Nanorods with Improved Photocatalytic Activity. Chinese Physics Letters. -2013. –Vol. 30(4).

[14] Qamar M. T., Aslam M., Ismail I., Salah N., Hameed A., Synthesis, Characterization, and Sunlight Mediated Photocatalytic Activity of CuO Coated ZnO for the Removal of Nitrophenols // ACS Applied Materials & Interfaces. -2015. –Vol. 7(16). –P. 8757–8769.

[15] Chabri S., Dhara A., Show B., Adak D., Sinha A., Mukherjee N., Mesoporous CuO–ZnO p–n heterojunction based nanocomposites with high specific surface area for enhanced photocatalysis and electrochemical sensing // Catalysis Science & Technology. -2016. –Vol. 6(9). -P. 3238–3252.

Кедрук Е.Ю., Айтжанов М.Б., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.

Синтез температурасының ZnO/CuO **нанокомпозиттерінің қасиеттеріне әсері**

Түйіндеме. Бұл жұмыста ZnO/CuO нанокомпозитті материалдары төмен шығынды химиялық тұндыру әдісімен алынды. Синтезделген композитті материалдардың фотокаталитикалық белсенділігі, морфологиясы және құрылымдық қасиеттері зерттелді. Синтезделген ZnO/CuO үлгілерінің морфологиясы синтез температурасына байланысты екендігі атап өтілді. Алынған композиттер ағынды суларды тазарту үшін каталитикалық белсенді заттар ретінде қолдануға мүмкіндік беретін фотокаталитикалық белсенділікті көрсететіні анықталды. Төмен температурада синтезделген үлгілерде RhB бояғышының деградациясы неғұрлым белсенді болғандығы байқалды.

Түйін сөздер: химиялық тұндыру әдісі, ZnO/CuO нанокомпозиттері, фотокаталитикалық белсенділігі.

УДК 669.168

A. Kim, A. Akberdin, R. Sultangaziyev
(Chemical-Metallurgical Institute after Zh. Abisheva, Karaganda, Republic of Kazakhstan
E-mail: sulrus83@mail.ru)

INFLUENCE OF BASALT FLUXES ON SLAG FORMATION PROCESSES AND PHYSICAL PROPERTIES OF SLAGS CARBON FERROCHROME

Annotation. The article presents the results of a study of the processes of slag formation during the smelting of carbon ferrochrome from refractory chromite ores of the Don GOK with the addition of various fluxing additives to the charge. Basalt rocks and quartzite were tested as the latter. A theoretical and theoretical analysis of changes in the chemical and phase composition of slag melts is carried out, their viscosity, crystallization temperature and electrical resistance are studied.

Key words: chromite ores, fluxing additives, slag melts, physicochemical properties.

А.С. Ким, А.А. Акбердин, Р.Б. Султангазиев
(Химико-металлургический институт им. Ж. Абишева, Караганда, Республика)

ВЛИЯНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ФЛЮСОВ НА ПРОЦЕССЫ ШЛАКООБРАЗОВАНИЯ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВ УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА

Аннотация. В статье представлены результаты исследования процессов шлакообразования при выплавке углеродистого феррохрома из тугоплавких хромитовых руд Донского ГОКа с добавлением в шихту различных флюсующих добавок. В качестве последних опробованы базальтовые горные породы и кварцит. Проведен расчетно-теоретический анализ изменения химического и фазового состава шлаковых расплавов, изучена их вязкость, температура кристаллизации и электросопротивление.

Ключевые слова: хромитовые руды, флюсующие добавки, шлаковые расплавы, физико-химические свойства.

Введение. Изменение состава добываемой на Донском ГОКе хромитовых руд в сторону роста в них оксида магния [1-3] привело к ухудшению технико-экономических показателей их металлургической переработки. Вовлечение в производство руд с повышенным содержанием оксида магния вызвало существенное увеличение температуры плавления и вязкости, снижение температурного интервала кристаллизации шлаков. Так, при плавке руд месторождения 40 лет Казахстана, который является основной рудной базой Казахстанских ферросплавных заводов, с содержанием 50,0-52,0 % Cr_2O_3 соотношение MgO/Al_2O_3 в первичном шлаке достигает 2,4-2,7, с температурой плавления более 2000 ºС. В целом уменьшение интервала кристаллизации высокомагнезиальных шлаков от высоких температур привело к увеличению потерь хрома со шлаками [4, 5]. При этом значительное количество хрома в шлаках теряется в виде металлической фазы.

Для улучшения физико-химических свойств шлака было изучено влияние на их свойства различных флюсующих добавок (CaO, Na_2O, K_2O, B_2O_3) [6-9]. В качестве исходных были взяты производственные шлаки, полученные при плавке с кремнийсодержащими флюсующими добавками. Показано, что при добавке CaO (до 10 %) и щелочных металлов (до 3 %) расширяется температурный интервал текучести шлаков за счет снижения их температуры плавления, создавая условия для более полного осаждения металлических корольков в шлаках. С другой стороны имеет место повышение электропроводности оксидных расплавов, которое может привести к затруднению перегрева шлака до требуемых температур. А добавка щелочных металлов может способствовать увеличению количества вредных выбросов и снижению стойкости футеровки. Поэтому на практике эти добавки не нашли широкого применения. Содержание CaO в конечных производственных шлаках составляет не более 2,0 %. Более эффективно влияние оксида бора, который положительно влияет как на снижение вязкости шлаков, так и на электросопротивление шлаков.

Однако, бор, в отличие от других флюсов, перераспределяется между металлом и шлаком, поэтому на практике он до настоящего времени не нашел также широкого применения. До настоящего времени на производстве при выплавке углеродистого феррохрома для регулирования

шлакового режима плавки используются кремнийсодержащие добавки и в основном, мелочь кварцита, которая подается в печь вместе с основной шихтой или в составе окускованного материала, где он используется для улучшения качества последнего [10, 11]. Поэтому поиск эффективных флюсующих добавок для улучшения технико-экономических показателей металлургической переработки тугоплавких хромитовых руд остается актуальным. При этом приоритетным направлением остается использование кремнийсодержащих флюсов, которые положительно влияют также на качество окомкованного сырья.

Нами на Аксуском заводе ферросплавов реализована технология плавки углеродистого феррохрома с использованием хромитового агломерата, в шихту которого был введен кварцит, который задавался в электропечь. При этом была решена проблема повышения качества агломерата и оптимизации шлакового режима [12]. Однако при производстве окатышей мелочь кварцита положительных результатов в улучшении качества хромитовых окатышей не дала.

Методы исследований.

Расчетно-теоретический анализ влияния флюсующих добавок на процессы шлакообразования выполнен с использованием математической модели фазовой диаграммы CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2-Fe_2O_3-FeO, которая создана на основе нового методического подхода названного автором «Балансовым методом» [13].

Эксперименты по определению вязкости и температуры кристаллизации шлаков проводились на электровибрационном вискозиметре в печи Таммана с использованием молибденового оборудования. Характерные размеры последнего: внутренний диаметр тигля 20 мм, его высота 40 мм, диаметр шпинделя 2 мм, глубина погружения его в расплав 10±0,5 мм. Тигель на дне с наружной стороны имеет специальное углубление диаметром 12 мм для подвода термопары. Для предотвращения окисления молибденовой аппаратуры опыты проводились в токе очищенного аргона с расходом 1,3-1,5 л/мин.Контрольно-измерительная часть установки состояла из вольфрамрениевой термопары ВР-5/20, горячий спай которой в армированном корундизовом чехле подводился ко дну тигля. Вторичным прибором при измерении температуры служил универсальный цифровой вольтметр В7-21А, а для снятия показаний вязкости использовался универсальный цифровой вольтметр В7-16А. Навеска шлака составляла 18 грамм, занимая 2,1-2,2 см высоты тигля. Вязкость расплава определяли при непрерывном его охлаждении со скоростью 1-3 °/мин., начиная с температуры 1550-1575 °С до полной кристаллизации или до достижения 5,0-7,0 Па·с в зависимости от кристаллизационной способности шлака. Запись показаний прибора по вязкости производили в основном через каждые 5-10 °С, а вблизи температуры кристаллизации – 2-3 °С.

Температуру плавления шлаков определяли полулогарифмической обработкой политерм вязкости в координатах логарифм вязкости от обратной температуры ($\ln\eta$ - $\frac{1}{T}$), а для измерения удельного электросопротивления выбрали контактный способ в ячейке типа «электрод-тигель», а в качестве электрической схемы измерения – метод вольтметра-амперметра. Выбранная схема позволяет производить непрерывные измерения в процессе охлаждения. Шлаки для изучения физических свойств синтезировали из химически чистых реактивов.

Результаты исследований.

Поиски эффективных флюсующих добавок, способствующих улучшению качества окомкованного сырья и шлакового режима плавки, привели к базальтовым горным породам. Предпосылкой их использования является то, что минеральный состав подавляющего большинства разновидностей базальтовых горных пород в системе CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2 в достаточной степени охватывает элементарный тэтраэдр анортит ($CaO{\cdot}Al_2O_3{\cdot}2SiO_2$) – диопсид ($CaO{\cdot}MgO{\cdot}2SiO_2$) – энстатит ($MgO{\cdot}SiO_2$) – SiO_2, где имеется обширная область составов с температурой плавления 1200-1300 °С [13]. Предлагаемый нами в качестве кремнийсодержащего флюса базальт месторождения «Дуберсай» Актюбинской области ($Fe_{общ.}$ - 8,7 %, SiO_2 - 52,5 %, Al_2O_3 – 13,99 %, CaO - 11,85 %, MgO - 5,29 %) имеет температуру плавления ~ 1450°С. Однако соотношение компонентов в нем таково, что в системе CaO-MgO-Al_2O_3-SiO_2 при увеличении содержания MgO до 10 % состав его попадает в область низкотемпературной эвтектики (CaO – 13-20 %, SiO_2 – 55-60 %, Al_2O_3 - 15-20 %, MgO – 10-12 %) с температурой плавления 1200-1300°С. Развитию этого процесса будет способствовать тесный контакт тонкоизмельченного флюса и хромитовой руды, вмещающая порода которой содержит 36-38 % MgO, в процессе грануляции и, как следствие, раннее образование жидкой фазы при спекании.

Немаловажным фактором является также близкое расположение месторождений базальта от потребителя.

Экспериментальными исследованиями показано, что базальтовые горные породы являются эффективной упрочняющей добавкой [14, 15].

Для оценки влияния базальтового флюса на состав и свойства шлаков выплавки высокоуглеродистого феррохрома проведены расчеты химического и фазового составов опытных шлаков. При этом рассмотрены варианты возможности замены кварцита на базальт или снижения суммарного расхода флюсующих добавок.

В процессе окислительного обжига хромитовых окатышей в образовании упрочняющей связки принимают участие только вмещающая порода и базальтовый флюс. Это связано со специфической особенностью хромитовых руд, которая заключается в ярко выраженной гетерогенности основных рудообразующих минералов – хромшпинелида и вмещающей породы. Минералы эти не образуют между собой твердых растворов и химических соединений. И только в процессе восстановления оксидов хрома и железа в хромшпинелиде повышается активность оксидных составляющих (MgO, Al_2O_3), которые совместно с упрочняющей связкой могут принять участие в процессе шлакообразования.

Расчетные химические и фазовые составы опытных шлаков, пересчитанные на шлаки системы $MgO\text{-}Al_2O_3\text{–}SiO_2$, на которую опираются при выборе шлаков для выплавки углеродистого феррохрома представлены в таблице 3. Сумма этих трех компонентов в шлаках составляет 90-95 %. Диаграмма состояния данной системы и фазовая диаграмма в элементарных треугольниках представлены на рисунках 1, 2.

Расчетно-теоретический анализ процесса шлакообразования показал, что первичные шлаки без добавки флюса (шлак № 1) и шлаки с 2,5 % и 5.0 % базальта (шлаки № 2 и № 3) располагаются в подсистеме $MgO\cdot Al_2O_3$- -$MgO\cdot SiO_2$-MgO. В этих шлаках в свободном виде присутствует тугоплавкий периклаз (MgO) с температурой плавления 3098 К. Чем выше в шлаке количество высокотемпературной фазы периклаза, тем выше их температура плавления. Так, в базовом шлаке (шлак № 1) количество периклаза составляет 21,577 %, а температура плавления 2100 °С. При добавке до 5,0 % базальтового флюса количество периклаза в шлаке снизилось до 10,483 %, а температура плавления до 1810 °С. При этом имеет место также смещение составов шлаков в область тройной эвтектики за счет увеличения содержания форстерита ($2MgO\cdot SiO_2$) при постоянном значении шпинельной фазы ($MgO\cdot Al_2O_3$).

В целом расчетно-теоретический анализ показал, что при данных расходах базальтового флюса образование жидкого шлака без дополнительного ввода кремнийсодержащих добавок при температурах шлака в ванне печи на выпуске ~ 1700°С не представляется возможным. В производственной практике оптимизация состава конечных шлаков осуществляется путем ввода в шлаки до 10 % SiO_2. Для использованного в наших опытах состава хромитовой руды оптимальная температура плавления шлака обеспечивается при расходе SiO_2 до 10 % (шлак № 8). В шихтах №№ 4, 5, 6, 7 нами рассмотрены варианты оптимизации состава шлака путем различных комбинаций соотношения базальтового флюса и кремнезема. Приемлемые значения температуры плав-ления достигаются при вводе в шлаки наряду с 2,5-5,0 % базальта и 5,0 % квар-цита. Шлаки с более высокими температурами плавления соответствуют требованиям выплавки сплавов с повышенными содержаниями углерода и хрома, т.е. сплавов, имеющих более высокие значения температур плавления. При этом соблюдается принцип выбора шлаков: температура плавления шлаков должна быть выше температуры сплава на 50-100 °С.

При выборе шлаков особое значение имеют физические свойства шлаков, а именно вязкость и удельное электросопротивление. При шлаковых процессах их физические свойства оказывают влияние на режим плавки и качество металла. В этой связи нами проведены экспериментальные исследования по изучению вязкости и удельного электросопротивления опытных шлаков.

Результаты исследования вязкости и электросопротивления опытных шлаков представлены на рисунках 3, 4. На рисунке 5 приведена зависимость логарифма вязкости от обратной абсолютной температуры.

Таблица 3 - **Составы опытных шлаков, пересчитанные на систему SiO_2-Al_2O_3-MgO**

№ п/п	Состав шихты	Содержание, %							$\frac{MgO}{Al_2O_3}$	$t_{пл.}$
		SiO_2	Al_2O_3	MgO	M	M2S	MA	$M_2A_2S_5$		
1	Хромовая руда	19,56	23,55	56,89	21,577	45,637	32,786		2,42	2100
2	Хромовая руда + 2,5% базальта	22,13	23,42	54,45	15,762	51,633	32,605		2,32	1900
3	Хромовая руда + 5% базальта	24,47	23,29	52,24	10,483	57,093	32,424		2,24	1810
4	Хром. Руда + 2,5% базальта + 5,0% кварцита	30,75	20,97	48,28	-	70,102	28,527	1,371	2,30	1750
5	Хром. Руда + 2,5% базальта + 10,0% кварцита	37,59	19,05	43,36	-	62,809	16,420	20,771	2,28	1650
6	Хром. Руда + 5,0% базальта + 5,0% кварцита	32,46	20,98	46,56		67,084	25,698	7,217	2,22	1700
7	Хром. Руда + 5,0% базальта + 10,0% кварцита	38,88	19,11	42,01		60,405	14,307	25,288	2,20	1620
8	Хром. Руда + 10,0% кварцита	36,21	18,96	44,83		65,443	18,670	15,887	2,36	1670

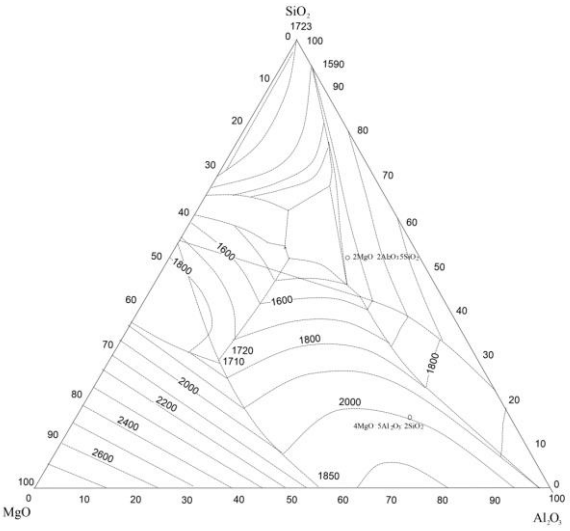


Рис. 1. Диаграмма состояния системы MgO-Al_2O_3-SiO_2

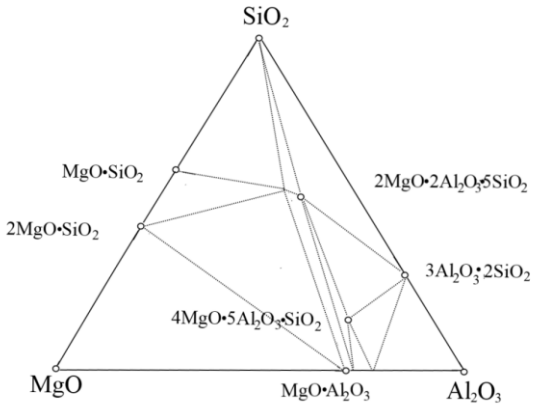


Рис. 2. Фазовая диаграмма системы MgO-Al_2O_3-SiO_2

Прямолинейной аппроксимацией экспериментальных данных до и после перелома на графиках получены эмпирические выражения, описывающие влияние температуры на вязкостные характеристики шлаков. Далее совместным решением системы из двух уравнений при одинаковой вязкости найдена температура, соответствующая температуре кристаллизации шлакового расплава, которая близка к температурам плавления шлаков, определенных по диаграмме состояния оксидной системы $MgO-Al_2O_3-SiO_2$. По значениям угловых коэффициентов уравнений прямых определен энергетический параметр (E_η).

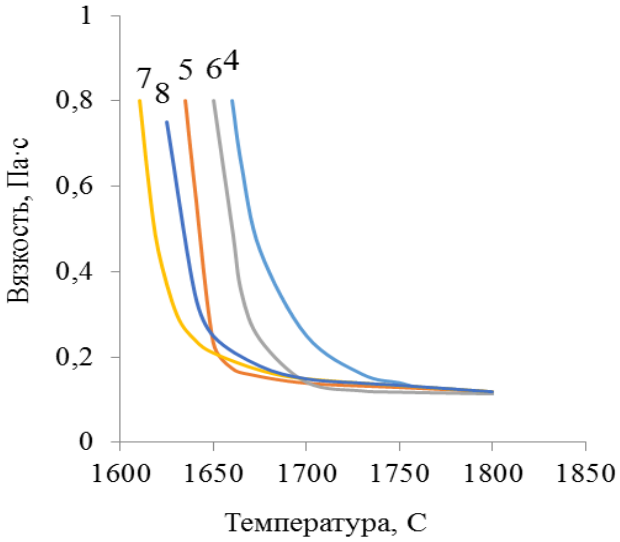


Рис. 3. Политермы вязкости опытных шлаков

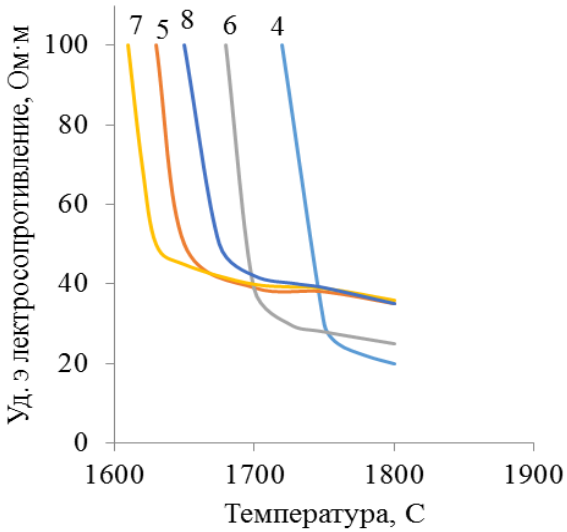


Рис. 4. Политермы удельного электросопротивления опытных шлаков

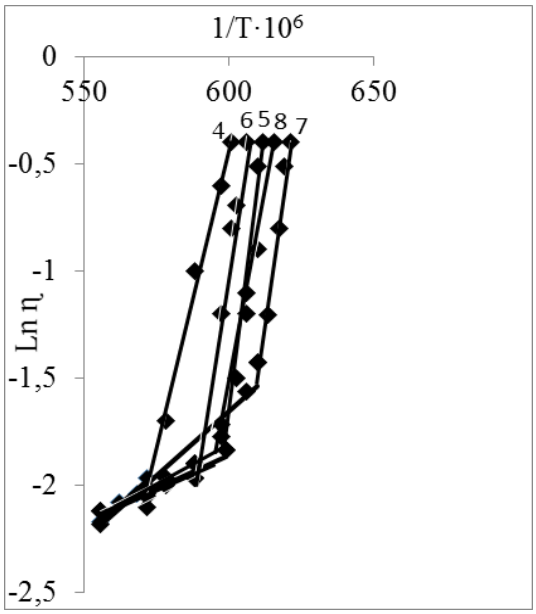


Рис. 5. Зависимость логарифма вязкости от обратной температуры

Полученные температурные зависимости вязкости шлаков, результаты найденных по ним значений температур кристаллизации ($t_{кр}$) и энергии активации вязкого течения (E_η) представлены в таблице 5.

Обсуждение результатов.

Анализ результатов исследования показывает, что опытные шлаки являются «короткими», быстро кристаллизующимися в узком интервале температур.

Таблица 5 - **Температура кристаллизации и энергия активации вязкого течения**

Шлак	Уравнения	t °$_{кр}$, °С	Е, кДж/моль
4	$\ln\eta_a$=5790/Т-35,157 $\ln\eta_b$=11900/Т-8,7821	1751	481 99
5	$\ln\eta_a$=126700/Т-77,774 $\ln\eta_b$=6300/Т-5,6061	1650	1053 52
6	$\ln\eta_a$=96100/Т-58,542 $\ln\eta_b$=6900/Т-6,0242	1700	789 57
7	$\ln\eta_a$=106200/Т-66,281 $\ln\eta_b$=11900/Т-8,7809	1620	883 99
8	$\ln\eta_a$=57800/Т-36,081 $\ln\eta_b$=6800/Т-5,8963	1675	480 56

Экспериментальными исследованиями установлено, что в исследованном интервале изменения составов опытных шлаков зависимость физических свойств расплавов проявляется не через значения отношения MgO/Al_2O_3, а от содержания в нем MgO. Рост содержания MgO в этом отношении сопровождается понижением вязкости и удельного сопротивления шлаков, повышением температуры и сужением интервала кристаллизации расплавов.

Влияние SiO_2 на физические свойства шлаков неоднозначно. В общем случае повышение содержания SiO_2 в шлаках в пределах 30,75-38,88 % способствует некоторому повышению вязкости.

Однако при повышенных значениях MgO вязкость шлаков остается на достаточно низком уровне. Кроме того, при повышении содержания SiO_2 в шлаках имеет место расширение интервала жидкоподвижного состояния расплавов, что создает благоприятные условия для снижения потерь металла со шлаками.

Для всех опытных шлаков характерна низкая вязкость (не более 0,12 Па·с) в гомогенно-жидком состоянии и слабая зависимость от нагрева до 1800°С. Результаты исследования физических свойств шлаков хорошо согласуются с данными по их фазовому составу. Более высокие значения температуры плавления шлаков соответствуют повышенным содержаниям высокотемпературных фаз. Низкая вязкость и удельное электросопротивление шлаков в гомогенножидком состоянии и слабая зависимость их от температуры перегрева выше температур плавления определяется составом минеральных фаз, из которых состоят шлаки плавки высокоуглеродистого феррохрома: форстерита и алюмагнезиальной шпинели, имеющих простое строение анионных радикалов. При перегреве таких шлаков выше температуры кристаллизации не происходит дальнейшего упрощения анионных группировок, представленных в основном единичными кремнекислородными и алюмокислородными тетраэдрами и определяющими вязкость и проводимость расплавов.

Таким образом в результате проведенных исследований установлено, что ввод в шихту плавки углеродистого феррохрома 2,5-5,0 % базальтового флюса (в составе окатышей) снижает температуру плавления первичных шлаков с 2100 до 1810 °С, что недостаточно для образования жидкоподвижного шлака при температуре 1690-1710 °С в ванне печи перед выпуском шлака. Приемлемые значения физических свойств шлаки приобретают при добавке в шихту наряду с базальтом кварцита. Уровню базовой шихты (щлаков) по физическим свойствам наиболее близки шлаки под номерами 5 и 7. Шлаки эти сохраняют уровень легкоподвижных шлаков (вязкость 0,2-0,5 Па·с) до температур 1650-1630 °С. Причем вязкость шлаков с базальтовым флюсом (шлаки № 7, 5) при пониженных температурах ниже чем у базового шлака, что важно для снижения потерь металла со шлаками.

Учитывая влияние примесей на снижение температуры плавления реальных шлаков (до 100 °С) приемлемыми для плавки можно принять и шлаки № 6 и 4. Шлаки с повышенными значениями температуры плавления соответствуют требованиям выплавки сплавов с высоким содержанием хрома и углерода.

Обобщая результаты исследования можно заключить, что базальтовые горные породы являются эффективной флюсующей добавкой, обеспечивающей повышение качества окомкованного сырья и рост технико-экономических показателей ппроизводства высокоуглеродистого феррохрома за счет улучшения шлакового режима плавки.

Работа выполнена при финансовой поддержке государственного гранта РК ИРН № AP05130325 по теме «Разработка эффективной технологии окускования тугоплавких хромитовых руд Казахстана с использованием базальтовых горных пород»

ЛИТЕРАТУРА:

[1] Гриненко В.И., Поляков О.И., Гасик М.И. и др. Хром Казахстана. – М.: Металлургия, 2001. – 416 с.

[2] Брагин В.В., Грузинов А.И., Стародумов А.В. и др. Пути модернизации технологического обжига хромитовых окатышей и оборудования производства фирмы «Outotec» //Сталь. – 2010. - № 9. – С. 26-29.

[3] Заякин О.В., Гальперин А.П., Жучков В.И. Возможности переработки мелких хромовых руд в современных условиях //Вестник ПАУ. – 2003. - № 5. – С. 80-82.

[4] Острецова И.С. Влияние состава и свойств шлаков углеродистого феррохрома на степень извлечения хрома // Хромистые ферросплавы: сб. науч. тр. МЧМ, НИИ металлургии. – Москва, 1986. – С. 48-53.

[5] Кадарметов Х.Н. Шлаки углеродистого феррохрома и ферросиликохрома // Производство ферросплавов: сб. науч. тр. МЧМ, «Металлургия». – Москва, 1978. – С. 89-99.

[6] Жило Н.П., Острецова И.С., Першина Р.Ф., Чарушникова Г.В. Свойства шлаков углеродистого феррохрома с добавками извести и щелочей // Новое в технологии ферросплавного производства: сб. науч. тр. МЧМ, «Металлургия». – Москва, 1983. – С. 16-21.

[7] Akberdin A, Kim A, Sultangaziyev R . Mathematical model of charts melt viscosity of the CaO-SiO_2-Al_2O_3-MgO //Croatia Croatian Metalurgical Society Metalurgija. – 2019. – № 58 (1-2). - P. 19-21.

[8] Заякин О.В., Акбердин А.А., Ким А.С., Жучков В.И. Изучение вязкости и температур кристаллизации шлаков феррохрома //Строение и свойства металлических и шлаковых расплавов: сб. науч.тр. XIX Российской конференции. – Екатеринбург, УрО РАН, 2015. – С. 214-215.

[9] Ким А.С. Особенности выплавки ферросплавов с использованием боратовых руд //Сталь. – 2008. – С. 11-12.

[10] Жданов А.В., Каплун Л.И., Петров С.А. и др. Зависимость термических превращений в мелочи хромовой руды Донского ГОКа от добавки силикатных и алюмосиликатных флюсов //Металлы. – 2017. - № 4. – С. 3-11.

[11] Калиакпаров А.Г., Суслов А.В., Нурмагамбетов Б.Н. Выплавка высокоуглеродистого феррохрома их хромового агломерата, полученного с использованием алюмосиликатных флюсов //Сталь. – 2017. - № 1. – С.30-34.

[12] Ким А.С., Есенжулов А.Б., Акбердин А.А., Калиакпаров А.Г. Разработка и внедрение технологии производства хромитовых агломератов. // «Инновации в области естественных наук как основа экспортоориентированной индустриализации Казахстана» мат. Межд. науч.-практ. конф., посв. 10-летию Казахстанской национальной академии естественных наук и 25-летию Национального центра по комплексной переработке минерального сырья Республики Казахстан. - Алматы, 2019. - С. 311-314.

[13] Акбердин А.А. Балансовый метод расчета равновесного фазового состава многокомпанентных систем //КИМС. – 1995. - № 3. – С. 92-93.

[14] Пашенко А.А., Мясников А.А., Мясникова Е.А. и др. Физическая химия силикатов. – М.: Высшая школа, 1986. – 368 с.

[15] Акбердин А.А., Ким А.С., Зинякова О.Н. Совершенствование технологии производства хромитовых окатышей //Известия ВУЗов. Черная металлургия. - 2014. - № 9. – С. 24-28.

[16] Ким А.С., Акбердин А.А., Султангазиев Р.Б. Использование базальтовых горных пород для окускования тугоплавких хромитовых руд Казахстана //Металлург. – 2019. - № 10. – С. 13

Ким А.С., Акбердин А.А., Султангазиев Р.Б.

Базальт ағындарының қож түзілу процестеріне және көміртекті феррохром қождарының физикалық қасиеттеріне әсері

Түйіндеме. Мақалада шихтаға әртүрлі ағынды қоспаларды қосу арқылы Дон Гокының баяу балқитын хромит кендерінен көміртекті феррохромды балқыту кезіндегі қож түзілу процестерін зерттеу нәтижелері келтірілген. Соңғылары ретінде базальт жыныстары мен кварцит сыналды. Қож балқымаларының химиялық және фазалық құрамының өзгеруіне есептеу және теориялық талдау жүргізілді, олардың тұтқырлығы, кристалдану температурасы және электр кедергісі зерттелді. Түйінді сөздер: хромит кендері, ағынды қоспалар, шлак балқымалары, физика-химиялық қасиеттері.

ӘОЖ 621.35

Sh.T. Koshkarbaeva, A.K. Alseit, K.B.Amanbaeva, P.A. Abdurazova, M.M.Yeskendirova
(M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan,
abdurazova-p@mail.ru)

PREPARATION OF COMPOSITE COATINGS BY INTRODUCING A POWDER FERROPHOSPHORUS IN THE STEEL SAMPLES

Annotation. The study of composite coatings production is one of the important directions of coating production and is explained by the increase in the resource of friction parts in the modern engineering industry. The problem of

creating materials with high wear resistance and low coefficient of friction does not lose its significance, so the production of corrosion-resistant and wear-resistant coatings is an urgent problem. The article presents the results of investigations of producing composite coatings by introducing a powder ferrophosphorus in the steel samples.

Keywords: composite coatings, powder ferrophosphorus, steel, corrosion.

Ш.Т. Қошқарбаева, А.К. Альсейт, К.Б. Аманбаева, П.А. Абдуразова, М.М. Ескендирова
(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,
Шымкент, Қазақстан Республикасы, abdurazova-p@mail.ru)

БОЛАТ ҮЛГІЛЕРІНДЕ ФЕРРОФОСФОР ҰНТАҒЫН ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚАПТАМА АЛУ

Түйіндеме. Композициялық қаптамаларды алуды зерттеу қаптама алудың маңызды бағыттарының бірі болып табылады және бұл қазіргі заманғы машина жасау саласындағы үйкелісте жұмыс жасайтын детальдар ресурсының ұлғаюымен түсіндіріледі. Тозуға төзімділігі жоғары және үйкеліс коэффициенті төмен материалдарды жасау мәселесі өз орнын жоғалтпайды, сондықтан коррозияға тұрақты және тозуға төзімді қаптамалар алу өзекті мәселе болып табылады. Мақалада болат үлгілерінде феррофосфор ұнтағын енгізу арқылы композициялық қаптама алудың зерттеу нәтижелері келтірілген.

Түйін сөздер: композициялық қаптамалар, феррофосфор ұнтағы, болат, коррозия.

Кіріспе

Қазіргі уақытта құрамына дисперсті бөлшектер қосылған қосылыстарды синтездеудің химиялық және электрохимиялық әдістері әзірленген [1-3], бұл тазалығы жоғары, құрамы белгілі композицияның соңғы өнімін алуға мүмкіндік береді. Бұл материалдардың бөлшектерін композициялық қаптамалардың металл матрицаларына қосу, олардың тозуға төзімділігін және коррозияға төзімділігін арттыруға мүмкіндік береді.

Көптеген ғылыми жұмыстарда [4-5] электролиттерден - суспензиядан электролиз арқылы композициялық қаптамалар алу бағытына зерттеулер жүргізілген, алынатын қаптама құрамына өте жоғары дисперсті ұнтақты қосу арқылы оларға ерекше қасиеттер береді: тозуға төзімділік, қаттылық, майлауды сақтау қабілеті және механикалық кернеулердің белгілі бір түрлері бойынша коррозияға төзімділігін арттыру. Кейбір жағдайларда, классикалық гальваникалық қаптамаларды композициялық электрохимиялық және химиялық қаптамалармен ауыстыру қымбат түсті металдарды үнемдейді және тұндыру процесін арзандатады [6]. Сонымен қатар қаптамаларды электрохимиялық жолмен алу электр шығынына алып келеді. Бұл шығындарды қысқарту - экономикалық аса өзекті міндет. Сондықтан шығынды азайту және композициялық қаптаманы феррофор негізінде алу үрдісінің әмбебаптығын арттыру өнімнің өзіндік құнының төмендеуіне әкеледі.

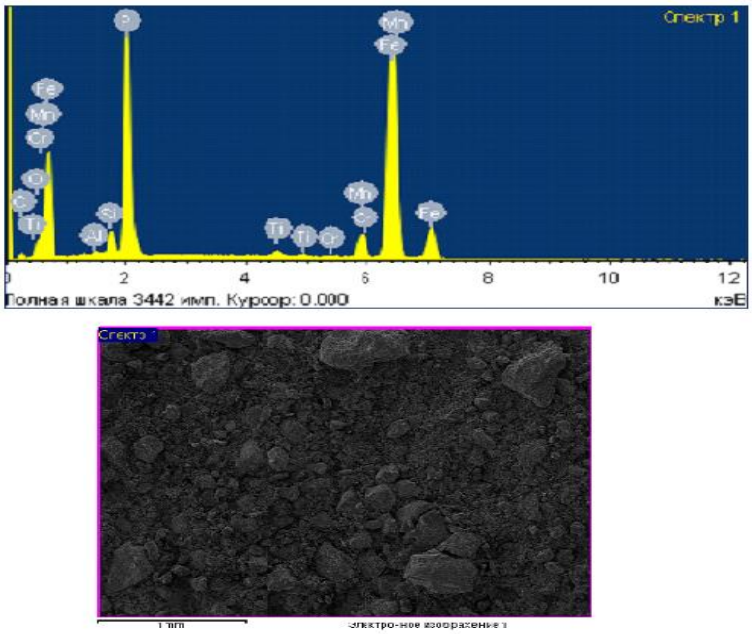
Зерттеу әдістері

Растрлық электронды микроскоптың көмегімен беттердің фотосуреттері, олардың морфологиясы, сондай-ақ элементтік құрамы алынды. РЭМ жұмыс істеу принципі бұрын үлгіге түсірілген өте жұқа металл жабыны бар электрондық шоғырдың өзара іс-қимылына негізделген, нәтижесінде шағылысқан немесе шығарылатын электрондар пайда болады. Өлшеу процесі кезінде беттің зақымдануын болдырмау үшін платина қабатын арнайы жабдықпен (GATANAlto2500 Cryo) тозаңдату жүргізілді, содан кейін үлгілер РЭМ арнайы бөліміне орналастырылды.

Ең алдымен феррофосфор ұнтағының элементтік құрамы расторлы электронды микроскопта анықталды. Алынған мәліметтер 1-кесте және 1-суретте келтірілген.

Кесте 1 - **Феррофосфор ұнтағының элементтік құрамы**

Элемент	Массалық, %	Атомдық, %
C	5.43	17.26
O	2.94	7.02
Al	0.25	0.35
Si	1.59	2.17
P	21.26	26.20
Ti	0.65	0.52
Cr	0.21	0.15
Mn	5.69	3.95
Fe	61.99	42.38



1-сурет. Феррофосфор ұнтағының элементтік құрамы

Талдау нәтижесінде алынған феррофосфор ұнтағының құрамындағы элементтердің түзілген қабықша қасиетіне тигізетін әсері:

- Көміртек. Жоғарыда айтып кеткендей сутек иондарының тотығуының жылдамдығын айқын жоғарылатады. Оттегі молекуласының тотықсыздану жылдамдығына әсерін тигізбейді.

- Алюминий - бұл химиялық белсенді металл, оның тығыз оксидті қабықшасы қалыпты жағдайда тұрақтылығын көрсетеді. Химиялық реакциялардың барлығында алюминий тотықсыздандырғыш қасиеттерді көрсетеді. Алюминий жоғары жылу және электр өткізгіштікке ие, бетті одан әрі өзара әрекеттесуден қорғайтын тығыз оксидті қабықтардың тез түзілуіне байланысты коррозияға төзімді. Алюминий және оның қорытпалары өте төмен температурада морт сынбайды. Осының арқасында ол криогендік технологияда кеңінен қолданылады. Алитирлеу арқылы металл қорытпаларға коррозияға тоттануға тұрақты төзімділік береді.

- Кремний. Коррозиялық тұрақтылықты жоғарылатады.

- Фосфор. Кейінгі кезде аморфтық құймалар бойынша жұмыстар жасалуда, олардың жоғары коррозиялық тұрақтылығы біркелкі структура алынуымен негізделген. Аморфты құрылыс түзетін басқа элементтермен қатар фосфорда қолданылады.

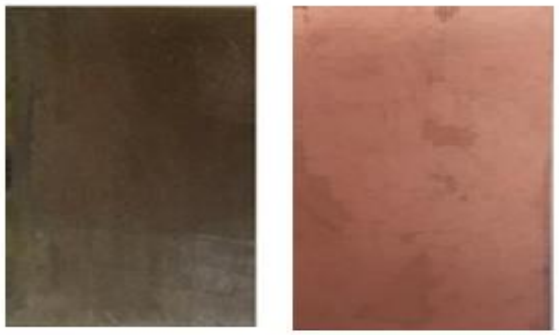
- Титан. Бұл материал жеңілдік, беріктік, жоғары коррозияға төзімділік, жылу кеңеюінің төмен коэффициенті, кең температуралық диапазонда жұмыс істеу қабілеттерін біріктіреді, жоғары механикалық беріктікке ие. Айта кету керек, жоғары температурада (250-500С) титан қорытпаларының беріктігі алюминий мен магнийдің қорытпаларына қарағанда жоғары. Титанның металл бетіне қатты жабысқан жұқа (5-15 мкм) тегіс TiO_2 оксиді қабаттарын түзу қабілетіне байланысты коррозияға қарсы тұрақтылығы өте жоғары. Ең жақсы титан қорытпаларының меншікті беріктігі 30-35 немесе одан да көп, бұл легирленген болаттарға қарағанда екі есе көп.

- Хром. Хромның қаттылығы жоғары. Таза металдардың ішіндегі ең қатты металдың бірі (вольфрам, иридий және басқалардан төмен); коррозияға төзімді. Ол өңделген беттерді механикалық зақымданудан, сонымен қатар коррозияға төзімділігі әсерінен агрессивті ортадан қорғайды.

- Марганец. Коррозия жылдамдығына мүлдем әсерін тигізбейді.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Осы келтірілген қасиеттерді ескере отырып, феррофосфор ұнтағын мыс және болат үлгілерінің бетіне шаңдандыра отырып химиялық әдіспен композициялық қаптама алынды. Болат және мыс үлгілерінің бастапқы бейнелері 2 суретте келтірілген.



2-сурет. Болат және мыс зерттеу үлгілері

Болат үлгілері зерттеу жұмысында әртүрлі мөлшерде феррофосфор ұнтағымен шаңдандырылып, кептіріліп, салмағы аналитикалық таразыда өлшеніліп алынды.

Кесте 2 – **Феррофосфор ұнтағының металл бетіндегі мөлшері**

Компоненттер	Ерітіндідегі компоненттер концентрациясы, г/л pH 5-6				
$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	30	30	30	30	30
NaH_2PO_2	10	10	10	10	10
CH_3COONa	10	10	10	10	10
Металл бетіне шаңдандырылған феррофосфор ұнтағы, г	0,2	0,5	0,8	1	2
t - ^0C	80 - 90	80 - 90	80 - 90	80 - 90	80 - 90

Содан соң ары қарай химиялық никельдеу ерітіндісінде өңделді. Зерттеу жұмысында қаптаманың коррозияға тұрақтылығын, үйкеліске қарсылығын арттыру мақсатында феррофосфор ұнтағының никель фосфиді қаптамасының сыртқы түріне әсері зерттелді.

Химиялық никельдеу процесі аяқталғаннан кейін салмақтық әдіспен қаптама қалыңдығы есептелінді. Салмақтық әдіс. Бұл әдісте тікелей өлшеу жүргізіледі. Қаптама қалыңдығын үлгінің салмағын қаптама алғанға дейін және кейін өлшеу арқылы анықтайды. Салмақтарының жоғарылауы қаптама көлемін сипаттайды. Қаптаманың орташа қалыңдығын $h_{орт.}$ қаптама көлемінің бұйымның ауданына қатынасы арқылы анықтайды.

$$h_{орт} = \frac{(m_1 - m_2)k}{Sd}, \quad (1)$$

мұндағы: $h_{орт}$ — қаптаманың орташа қалыңдығы, мкм;

m_1 и m_2 — никельдеуге дейінгі және кейінгі үлгінің салмағы, г;

S — қапталатын үлгі ауданы, $см^2$;

d — қапталатын металл тығыздығы, $г/см^3$;

k — осы келтірілген өлшем бірліктерін қолданғанда 10^4тең коэффициент.

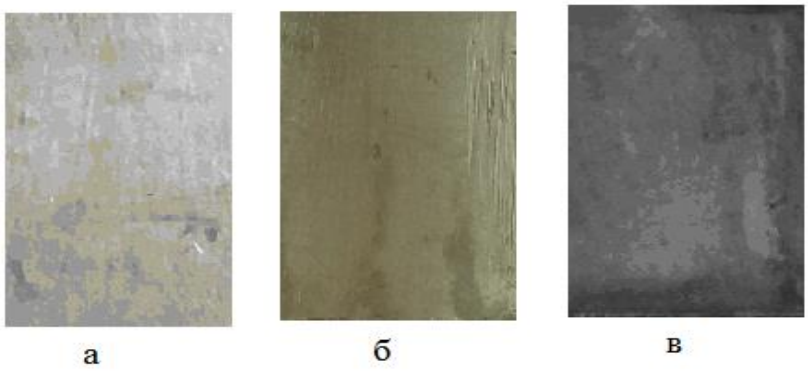
Болат үлгінің салмағы шаңдандыруға дейін және шаңдандырудан кейін аналитикалық таразыда салмақтық әдісті қолданыпөлшенді.

Есептелініп алынған зерттеу нәтижелері 3 кестеде келтірілген.

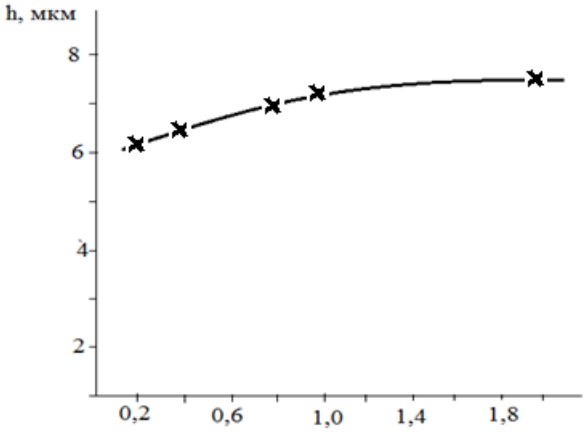
Кесте 3 – **Химиялық никельдеу процесінде алынған нәтижелер**

Үлгілер	Электрод салмақтары, г		Металдың қосқан салмағы, г	Қапталу қабатының қалыңдығы, мкм
	Химиялық никельдеуге дейін	Химиялық никельдеуден кейін		
темір	7.9	8.012	0.112	6.29
темір	8.01	8.128	0.118	6.63
темір	7.7	7.825	0.125	7.02
темір	7.852	7.979	0.127	7.13
темір	7.651	7.782	0.131	7.35

Феррофосфор ұнтағының тиімді мөлшері 0,2-0,8 г аралығында тегіс және жылтыр қаптама алынды. Ұнтақ мөлшері жоғарылаған сайын қаптама бір тегіс емес ірі дәнді, жылтыр емес қара түсті қаптама алынды (3-сурет). Алынған қаптаманың орташа қалыңдығы 6,884 мкм. Қаптаманың қалыңдығы мен ұнтақ мөлшері арасындағы тәуелділікке байланысты қисық 4 суретте келтірілген.



3-сурет. Құрамына әртүрлі мөлшерде феррофосфор ұнтағы қосылған никель қаптамасы: а - 0,2 г; б - 0,5-0,8 г; в - 1-2г

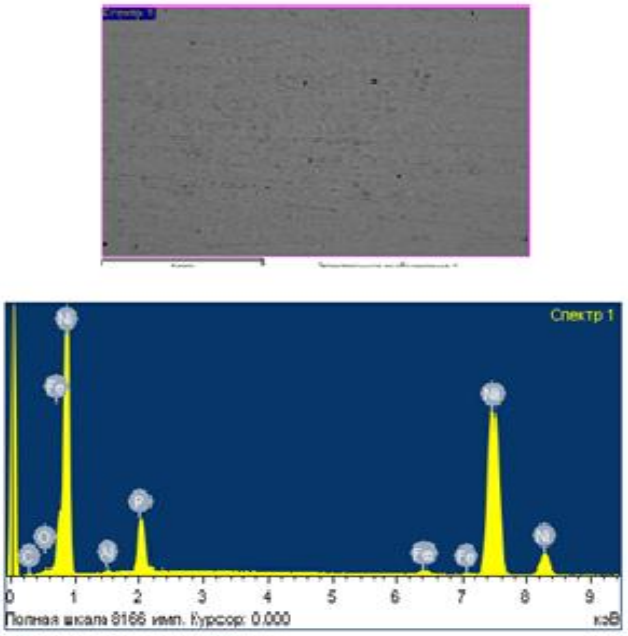


4-сурет. Қаптаманың қалыңдығы мен ұнтақ мөлшері арасындағы тәуелділік

Химиялық никель қаптамасын алудың артықшылығы - олардың күрделі конфигурациялы бетке біркелкі таралуында. Алынатын қаптаманың кеуектілігі төмен болғандықтан, мұндай қаптамалар жоғары қорғаныс қабілетіне ие, бұл қасиет оларды пайдалану кезінде өте маңызды болып табылады. Феррофосфор ұнтағымен болаттың бетіне алынған никель қаптамасының құрамы және құрылымы 4-кесте және 5-суретте келтірілген.

Кесте 4 - **Феррофосфор ұнтағымен болаттың бетіне алынған никель қаптамасының**

Элемент	Массалық, %	Атомдық, %
C	0.23	3.04
O	0.59	1.80
Al	3.44	10.80
P	7.17	11.22
Fe	1.18	1.02
Ni	87.38	72.12



5-сурет. Феррофосфор ұнтағымен болаттың бетіне алынған никель қаптамасының құрамы және құрылымы.

Қорытынды

Зерттеу нәтижелері бойынша алынған қаптаманың сапасына талдаулар жүргізіліп, алынған қатаманың элементтік құрамы анықталды (5-сурет). Алынған қаптаманың құрамындағы Al, P, Fe, Ni элементтерінің массалық үлестері өздеріне сәйкес келетін 3,44; 7,17; 1,18; 87,38 коррозиялық тұрақтылығын, үйкеліске қарсылығын жоғарылатады.

ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Қошқарбаева Ш.Т., Сатаев М.С., Ибрагимова Г.Н., Аманбаева Қ.Б.Гальваникалық қаптамалар технологиясы. Оқу құралы. – Шымкент: М.Әуезов атындағы ОҚМУ, 2012. - 101 б.

[2] Кудреева Л.К. Гальваникалық қаптамалар алу технологиясы: оқу құралы. - Алматы: Қазақ университеті, 2013. – 187 б.

[3] Zvyagintseva A.V., Kravtsova Y.G Nickel – boron coatings with ultradisperse particles inclusion // Electrochemistry: From nanostructures to power plants: 55th Annual Meeting of the Intern. soc. of electrochem. - Thessaloniki, 2004. - P. 594.

[4] Anishchik V.M. Modification of the Physical-mechanical properties of Co-No electrodeposition coatings by X-ray irradiation // Journal of surface investigation, X-ray, synchrotron and neutron techniques. – 2013. - Vol 7, No. 5. – P. 896–899.

[5] Белов П.А., Лурье С.А. Теория идеальных адгезионных взаимодействий // Механика композиционных материалов и конструкций. - 2007. – Т.13, № 4. - С.519.

[6] Винокуров Е.Г., Зуев К.В., Жигунов Ф.Н., Перевалов В.П. Износостойкость композиционных покрытий никель-фосфор-модифицированный фталоцианинат меди // Физикохимия поверхности и защита материалов. - 2018. – Т. 54, №1. - С.100-103.

Ш.Т. Кошкарбаева, А.К.Альсейт, К.Б. Аманбаева, П.А. Абдуразова, М.М. Ескендирова

Получение композиционного покрытия путем введения порошка феррофосфора на сталелитейных образцах

Резюме. Исследование композиционных покрытий является одним из важных направлений получения покрытий и объясняется увеличением ресурса деталей, работающих на трении в современной машиностроительной отрасли. Проблема создания материалов с высокой износостойкостью и низким коэффициентом трения не теряет своей значимости, поэтому получение коррозионностойких и износостойких покрытий является актуальной проблемой. В статье представлены результаты исследований получения композиционного покрытия путем введения порошка феррофосфора в сталелитейных образцах.

Ключевые слова: композиционные покрытия, порошок феррофосфора, сталь, коррозия.

ӘОЖ 621.35

M.S. Satayev, R.S. Abzhalov, P.A. Abdurazova,
Sh.T. Koshkarbaeva, K.B. Amanbaeva
(M.Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan,
abdurazova-p@mail.ru)

PREPARATION OF ANTIBACTERIAL COPPER-CONTAINING NANOFILMS ON DIELECTRIC SURFACES

Annotation. Activation of the surface of cotton fabrics before obtaining a chemical copper film is recommended to be carried out by precipitation of dispersed copper particles. For this purpose, physical and chemical processes occurring in thin layers of copper chloride solutions under the influence of the visible spectrum of electromagnetic solar radiation are used. In this case, copper chlorides interact with cellulose, which is the main component of the fabric, forming copper monochloride. It is shown that this interaction occurs from exposure to sunlight. After that, the fabric is moistened with a solution of ascorbic acid and again exposed to solar radiation. Electrons located in a semiconductor under the influence of solar photons receive additional energy and oxidize the copper element, and the free spaces that appear in this case are filled with electrons depending on the oxidation of ascorbic acid. As a result of these processes, a shell containing copper particles that can catalyze the chemical copper is formed on the surface of the tissue.

Keywords: cotton fabric, photochemical process, copper chloride, copper monochloride, activation, chemical copper.

М.С. Сатаев, Р.С. Абжалов, П.А. Абдуразова,
Ш.Т. Қошқарбаева, К.Б. Аманбаева
(М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан, abdurazova-p@mail.ru)

ДИЭЛЕКТРЛІ БЕТТЕРДЕ АНТИБАКТЕРИАЛДЫ МЫСҚҰРАМДЫ НАНОҚАБЫҚШАЛАРДЫ АЛУ

Түйіндеме. Химиялық мыс қаптамасын алу алдында мақта маталарының бетін белсендіру мыстың дисперсті бөлшектерін тұндыру арқылы жүргізу ұсынылады. Ол үшін мыс хлориді ерітінділерінің жұқа қабаттарында, электромагниттік күн сәулесінің көрінетін спектрі әсерінен болатын физика-химиялық процестер қолданылады. Бұл жағдайда, мыс хлоридтері матаның негізгі құрамдас бөлігі болып табылатын целлюлозамен әрекеттесіп, мыстың монохлоридін түзеді. Бұл өзара әрекеттесу күн сәулесінің әсерінен болатындығы көрсетілген. Осыдан кейін мата аскорбин қышқылының ерітіндісімен суланып, қайтадан күн сәулесіне ұшырайды. Күн сәулесі фотондарының әсерінен жартылай өткізгіштегі электрондар қосымша энергия алады және мыс элементін тотықсыздандырады, ал бұл жағдайда пайда болған бос орындар аскорбин қышқылының тотығуына байланысты электрондармен толтырылады. Осы процестердің нәтижесінде матаның бетінде құрамында химиялық мыстауды катализдеуге қабілетті мыс бөлшектері бар қабықша пайда болады.

Түйін сөздер: мақта матасы, фотохимиялық процесс, мыс хлориді, мыс монохлориді, белсендіру, химиялық мыстау.

Кіріспе

Соңғы жылдары бактериялардың таралуын болдырмау үшін мысты қолдану кеңінен танымал болды. Мыстың микробқа қарсы қасиеттерінің қатарында «супермикробты» MRSA [1] сияқты белгілі стафилококк аурасының метициллин-төзімді штаммын және «шошқа тұмауы» деп аталатын [2] H1N1 кіші түрін қоса, А тұмауының вирусын тиімді түрде жоятын оның қасиетін атап өткен жөн. Мыс жабыны бар маталарды, сондай-ақ оның кейбір қосылыстарын қолдану саласы үнемі кеңейіп келеді [3].

Мыстың бактериалдық қасиеттері ежелден белгілі. S. aureus және S. Cerevisiae қатысты зерттеулерде мыстың аталған бактерияларды толық жоятындығы көрсетілген [4]. Сондықтан, мыс 2008 жылы АҚШ Қоршаған ортаны қорғау агенттігі (EPA) алғашқы микробқа қарсы агент ретінде танылды [5]. Мыс нанобөлшектерін әртүрлі материалдарға, соның ішінде шыны және латекс бұйымдарына қондыру арқылы алынған заттарды S. aureus, P. aeruginosa, K. aerogenes және E. Coli қатысты мыстың антибактериалдық қасиеттерін зерттеуде олардың 99,9% жойылғандығы жөнінде дәлелді зерттеулер бар [6-7]. Бактериялық ластану аурухана инфекциясының негізгі себебі болып табылады. Бактерияға қарсы қаптамалар бактериялардың медициналық мекемелердегі жансыз беттер арқылы берілуін төмендетуде маңызды рөл атқара алады. Мәселен, ауруханалардағы поливинилфторид және тот баспайтын болат беттеріне мыс иондарын қондыру арқылы 25^0C температура және 60 мин уақытта осы беттердегі S. aureus бактериясының 96% жойылса, ең вирулентті және өлтіруге қабілетті бактериялардың бірі P. aeruginosa 99,8% жойылған. Сондай-ақ, мыс иондары бар осы беттерді 100 ретке дейінгі сумен суланған шүберекпен немесе изопропанол майлықтарымен сүртілгеннен кейін бактерияға қарсы тиімділігін сақтап, оның беріктігі мен ұзақ мерзімді тиімділігін көрсетті [8-9]. Шыны ыдыс және тот баспайтын болатқа мыс және күміс иондары бар қаптамалардың бактерияға қарсы әсері Escherichia coli, Salmonella typhimurium, Staphylococcus aureus және Pseudomonas aeruginosa қатысты тексерілді. Осы нәтижелерге сәйкес, күміс пен мыс иондары бар қаптамалар мөлдір дисплей әйнектері, тұрмыстық заттар және медициналық құрылғылар сияқты әртүрлі салаларда қолдануға болатындығы зерттеулерде келтірілген [10].

Мыс жабыны бар маталарды, сондай-ақ оның кейбір қосылыстарын қолдану саласы үнемі кеңейіп келеді [11-12]. Мұндай маталарды медициналық мақсаттағы бұйымдарды, әскери киімнің әртүрлі түрлерін, спорттық киімдерді, іш киімдер мен қару-жарақтарды, оларды микроорганизмдердің әр түрлі түрлерінен қорғайтын өндіріске пайдалану ұсынылады. Ресейде «СОЦТЕХ қазіргі заманғы әлеуметтік технологиялар» орталығы кеңінен жарнамаланған, ол «Магия Меди» жалпы брендімен құрамында мыс бар иірілген жіптен жасалған 100-ден астам бұйымдарды ұсынады [12]. Сондай-ақ, Корея Республикасының ғалымдары мыс қаптамаларының COVID-19 қатысты бактерицидтік қасиеттерін зерттеуде 24 сағат ішінде коронавирустың 97,2% жойылғандығын дәлелдеді. Қарапайым бактерияға қарсы қаптамалар беткі қабатқа негізделгендіктен, олардың бактерияға қарсы қасиеттері уақыт өте келе төмендейді. Бірақ құрамында мыс ұнтағы бар антимикробты мыс қаптамасы ұзақ уақыт бойы бактерияға және вирусқа қарсы қасиеттерін сақтай алады. Осы зерттеулер нәтижесінде CleanCU бренді атауында мыс иондары бар смартфон қаптары, санитарлық сөмкелер және санитарлық қолғаптар өндірісін бастаған [13].

Зерттеу әдістері

Зерттеу үшін медициналық мақсатта кең қолданылатын мақта дәке (артикул AA010278) пайдаланылды. Мұндай маталар 97-98% целлюлозадан тұрады. Целлюлозаның макромолекуласының әр элементарлық бірлігі – ангидроглюкоза- құрамында үш алкоголь гидроксилі бар, ол оны тотықтырғыш заттардың әсеріне өте сезімтал етеді. Спирттің гидроксил топтарының целлюлоза макромолекулаларында тотығу нәтижесінде жаңа карбонил және карбоксил функционалды топтарын құрады. Тотығу талшықтың бетінен басталады, содан кейін біртіндеп терең қабаттарға ауысады, алдымен аморфты бөлік тотығады, содан кейін кристалды аймақтар [14].

Толқын ұзындығы 400-ден 700 нм-ге дейін көрінетін күн сәулелерін күн сәулесі деп айтады. Күн сәулесінің жер бетіне түсетін энергия ағынының тығыздығы 1,4 кВт/м^2 жетеді. Жарық толқындары қатты денелерге ене алады, бірақ сонымен бірге олардың қарқындылығы төмендейді [15]. Сәуленің маңызды сипаттамасы күн сәулесінің ағынды тығыздығы болып табылады. Бұл мәнді анықтау үшін SM 206-SOLAR күн сәулесі өлшегіш қолданылды. Бұл өлшегіш жарықтың қарқындылығын өлшейтін дәл құрал болып табылады. Ол күн радиациясын өлшеуде, күн зерттеулерінде, физикалық және оптикалық эксперименттерде, метеорологияда және ауыл шаруашылығында қолданылады.

Жалпы, климаттық жағдайлар, жылдың және күннің уақыты күн сәулесі ағынының тығыздығына әсер етеді, сонымен қатар, қоршаған орта температурасы матаның кебу процесіне әсер етеді. Сондықтан процестің негізгі зерттеулері зертханалық бөлмеде жүргізілді, онда температура 25-30°С деңгейінде сақталды.Терезе әйнектерінен енетін күн сәулелерінің тығыздығы 1200–1300 Вт / м^2 болды. Электромагниттік күн сәулелері жұқа қатты денелер мен сұйық орталарға енуі мүмкін.Бұл кеуекті материалдардың (мысалы, маталар) ішкі беттерінде және диэлектриктердің тазартылған беттерінде фотохимиялық реакциялардың пайда болуына ықпал етеді, тұндырылған қабықшаның жабысқақ қасиеттерін арттырады.

Көрінетін спектрдің электромагнитті күн сәулесінің өту кезіндегі мақта матасының өткізгіштігі- 0,3 мм, ал мақта матасы бетіне түскеннен кейінгі күн сәулесінің энергия ағынының тығыздығы, 351 Вт / м^{2}және материалдан энергия ағынынан өту кезіндегі өткізгіштік дәрежесі 27% құрайды.

Алынған қабықшалардың электр өткізгіштігін анықтау үшін DT-830B кедергісін тексеретін құрал қолданылды.Бұл жағдайда тестр зондтары бір-бірінен 1 см қашықтықта орналасқан және орташа есеппен 5 өлшеу табылған. Осыған ұқсас жағдайдағы таза мыстың электрөткізгіштігін өлшей отырып,алынған қабықшаның гальваникалық жабындарды алу үшін жарамдылығы бағаланды. Жабындардың құрылымы мен құрамын зерттеу ISM-6490-LV (JEOL, Япония) электронды сканерлеу микроскопында жүргізілді.

Құрылғы қабықшаның беткі қабаттарындағы элементтердің пайызы және элементтің құрамы, өлшемі бойынша ондаған нанометр бөлшектердің электрондық кескінін алуға мүмкіндік береді.Матаның бетінде фотохимиялық реакция пайда болған кезде, қара қабықша пайда болады, ол химиялық тотықсыздану нәтижесінде алынған ұсақ дисперсті металл бөлшектеріне тән.Мыс топшасының көптеген моновалентті қосылыстары шамалы қыздырғанда және жарықтың әсерінен оңай ыдырайтындығы белгілі. Мыс топшасының металл галогендері бинарлыжартылай өткізгіштерге жататыны белгілі. Сондықтан жартылай өткізгіштік қасиеттер мен фотосезімталдық арасында байланыс бар. Демек, фотосезгіштігі бар қабықшаны алу үшін диэлектрик бетінде осы элементтердің моновалентті галогендері қабатын жасау жеткілікті. Бұл металдардың ең көп таралған және арзан галогендері хлориді болып табылады. Сол себептен, жеке тәжірибелер мыс бромидін осы мақсаттарда қолдану мүмкіндігін көрсеткенімен, тәжірибелердің көп бөлігі мыс хлоридтерімен өткізілді.Мата үлгіні алдын-ала дайындау этил спиртінде майсыздандыру (10 минут) және дистилденген сумен жуу арқылы жүргізілді. Бұл процесс матаны $CuCl_2$ ерітіндісіне бірнеше минут батыру арқылы сулануы керек, сонымен бірге осы жұмыста қолданылатын матаның бетінде осы ерітіндінің 0,5 мл/дм^2 болатын сорбциялық қабат пайда болады. Содан кейін бұл мата күн сәулесінің әсерінен кептірілді. Бұл жағдайда қабықшаның беттінде келесі сапалық өзгерісі болады: $CuCl_2 \rightarrow CuCl \rightarrow Cu$. Мыстың дисперсті бөлшектері қабықшаға қара түс береді. Сонымен қатар, қабықшаның қара түсінің қарқындылығы бастапқы $CuCl_2$ ерітіндісінің концентрациясына байланысты. Сондықтан қабықшаның қараю дәрежесін қабықшадағы тотықсызданған металл бөлшектерінің мазмұнын сипаттайтын индикатор ретінде қолдануға болады. Компьютердің көмегімен суреттермен жұмыс терезесіндегі жарықты өзгерту арқылы үлгілер бетіндегіқабықшалардың қараю қарқындылығының сандық сипаттамаларын анықтауға болады.

Зерттеу нәтижелері және талқылау

Алдын ала $CuCl_2$ ерітіндісімен суланған матаның бетіне күн сәулесі түскен кездекелесі процестер жүреді:

-матаның үстіңгі қабатындағы ерітіндіден судың буланууы, мыс хлоридінің концентрациясының жоғарылауына әкеледі;

- мыс дихлоридінің целлюлозамен әрекеттесіп мыс монохлориді түзіледі (бинарлы жартылай өткізгіш);

$2CuCl_2 + H_2O + R\text{-}OH \rightarrow 2\,CuCl + 2\,HCl + R\text{-}OOH$ (1)

мұндағы R – целлюлозаның жаңа буыны.

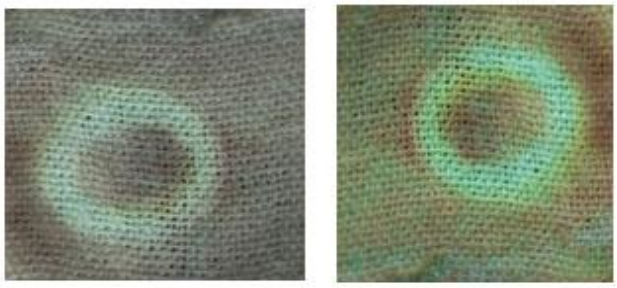
- қарапайым мыс түзумен фотохимиялық реакция;

$2CuCl \xrightarrow{h\nu} Cu + CuCl_2$ (2)

-су қабатын толық кептіру фотохимиялық реакцияның тоқтатылуына әкеледі.

Сонымен қатар, $CuCl_2$ қабықша беті құрғап, кристалданады және белсенділігін жоғалтады, бұл 2-ші реакцияға ықпал ететін қосымша фактор.

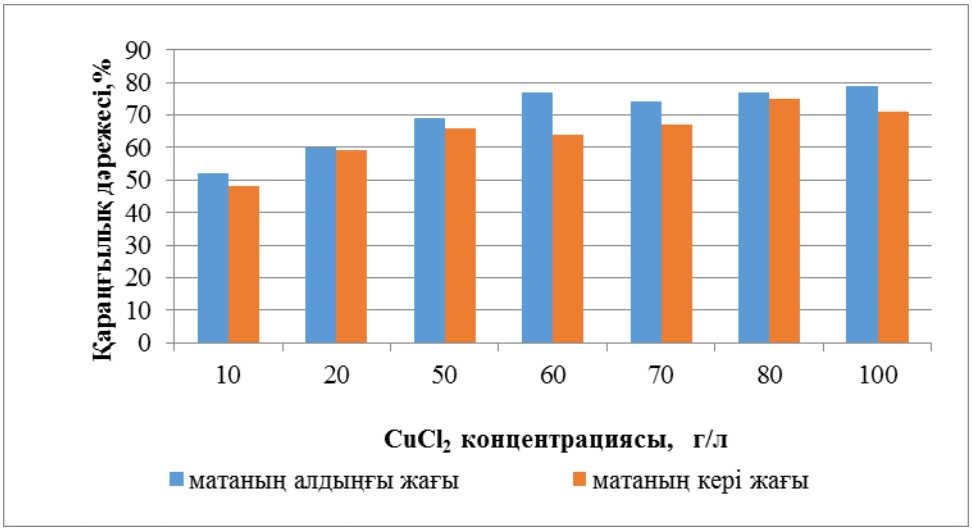
Бұл процесте түрлі тотықсыздандырғыш қолдана отырып тұз ерітінділерінен алынған қарапайым мыс бөлшектері қабықшаға металдарға тән қара түс береді. Матаның беткі қабатының қараюы күн сәулесінің қарқындылығына және мата суланған мыс хлоридінің концентрациясына байланысты. Оның үстіне, күн сәулесіне қарайтын жағы ғана емес, сонымен қатар қарама-қарсы жағы да қараяды, артқы жағының қараю дәрежесі әрдайым алдыңғы жағына қарағанда төмен болады (1-сурет). Егер мата бетінің бір бөлігі қара шайбамен қорғалған болса (қалыңдығы 2 мм), онда шайба астындағы матаның түсі өзгермейді.Матаны жуғаннан кейін бұл аймақтардың элементарлық құрамы бастапқы құрамға сәйкес келді. Бұл 1-ші реакция күн сәулесінің электромагниттік әсерінен жақсы жүретіндігін және жоқ болған жағдайда жүрмейтіндігін көрсетеді. Сонымен қатар, мыс монохлоридінің жартылай өткізгіш қабықшасы болмаған жағдайда сәйкесінше фотохимиялық реакциялар пайда болмайды.



а ә

1-сурет. Күн сәулесімен (а) және қарама-қарсы жағынан (ә) мата үлгілеріндегі фотохимиялық қабықшалар

2-ші суретте сорбциялық қабатты құру үшін қолданылатын ерітіндідегі $CuCl_2$ концентрациясына матаның қараю дәрежесінің тәуелділігі көрсетілген.



2-сурет. Сорбциялық қабатты құру үшін қолданылатын ерітіндідегі $CuCl_2$ концентрациясының фотохимиялық процестерден кейінгі матаның қараю дәрежесіне әсері

Суреттен көрініп отырғандай, матаның қалыңдығына ену кезінде сәуле ағынының тығыздығының өзгеруіне негізделген кез-келген концентрацияда күн сәулесінің тікелей әсеріне ұшыраған алдыңғы жағының қараюдәрежесі келтірілген. Сонымен қатар, суретте көрсетілгендей, 60 г/л-ден астам концентрация нәтижесінде алынған қабықшаның қараю деңгейіне әсер етпейді. Бұл концентрацияны берілген мата үшін оңтайлы деп санауға мүмкіндік береді. $CuCl_2$ концентрациясының одан әрі артуы жуу ерітінділеріндегі оның құрамының жоғарылауына әкеледі. Осылайша, мыс хлоридінің беткі қабатына күн сәулесінің әсерінен $CuCl_2$ және мыс бөлшектерінен тұратын қабыршақтар пайда болады. Бұл жүйе су болмаған кезде ғана тұрақты, өйткені су болған кезде термодинамикалық тұрғыдан кері реакция пайда болады.

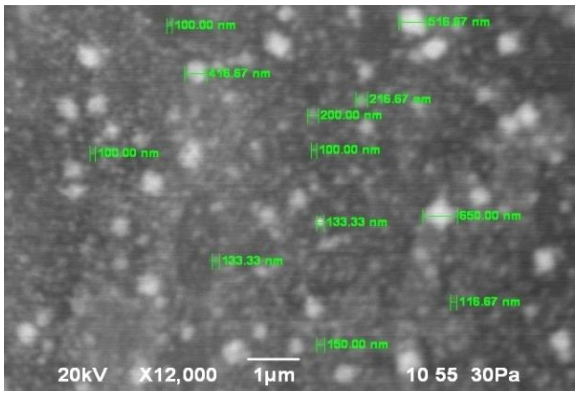
$$CuCl_2 + Cu \rightarrow 2CuCl \quad (3)$$

Біздің тәжірибелеріміз көрсеткендей, дегидроаскорбин қышқылына дейін тотықтыратын аскорбин қышқылы тотықсыздандырғыш бола алады. Әдебиеттерден [16] pH 0-ден 7-ге дейін жоғарлағанда аскорбин қышқылы - дегидроаскорбин қышқылы жүйесінің тотығу-тотықсыздану потенциалы -0,329В-тан - 0,057В-ке дейін өзгеретіні белгілі. Сонымен қатар, бұл жүйенің электрохимиялық инертті екендігі және тотығу -тотықсыздану қасиеттерін көрсету үшін «электрод катализаторларын» қосу қажет екендігі айтылған. Шынында да, тәжірибелер $CuCl_2$ - 60 г/л, А-$(OH)_2$ - 80 г/л ерітіндісімен суланған және қараңғы жерде кептірілген матада химиялық түрленудің белгілері анықталмады. Сонымен қатар, күн сәулесінің әсерінен кептірілген бұл үлгілер дисперсті металл бөлшектеріне тән қара қабықшамен қапталған. Егер беттің жеке бөлімдері полимерлі шайбалармен күн сәулесінен қорғалған болса, онда бұл учаскелер өзгеріссіз қалады. Сондықтан күн сәулесінің әсерінен аскорбин қышқылы белсендіріліп, $CuCl_2 \rightarrow CuCl \rightarrow Cu$ ауысуына ықпал етеді.

Ал, жалпы фотохимиялық реакция мына түрде болады

$$CuCl + A\text{-}(OH)_2 \xrightarrow{h\nu} Cu + HCl + A\text{-}OOH \quad (4)$$

А- $(OH)_2$ және А-ООН жуу кезінде оңай кетеді. Сондықтан, А- $(OH)_2$ $CuCl_2$ түзілуіне жол бермейді, мата бетінде құрамында қарапайым мыс бөлшектері бар қабықшаны сақтауға ықпал етеді. $CuCl_2$: А - (ОН) 2 = 1: 1,1 эквивалентті қатынасы мата бетінің максималды қараю дәрежесін қамтамасыз етті. Осылайша, диэлектрлік бетінде диаметрі 100-200 нм болатын сфералық бөлшектер түріндегі элементарлы мысы бар қабықша қалады (3-сурет). Бұл қабықша химиялық мыстаудаактиватор ретінде қолдануға болады.



3-сурет. Фотохимиялық әдіспен алынған мыс қабықшаларының құрылымы

Осы механизмді ескере отырып, мыстың электр өткізгіш қабатын алу процесі келесідей жүргізілді. Бастапқы мата (Сурет 4а) $CuCl_2$ ерітіндісіне салынған және матаны кептіргеннен кейін оның бетінде қара түсті қабыршақ қалды.Содан кейін үлгі дистилденген сумен жуылды. Бұл жағдайда $CuCl_2$-нің артық мөлшері жуылады және (1) реакцияның жанама өнімі - HCl жуылып кетеді. Жуылған матада тек мыс монохлориді бар.Бұл үлгіні А- $(OH)_2$ (80 г/л) ерітіндісіне батырып және бірнеше рет күн сәулесі әсеріне ұшыратамыз.Бұл жағдайда қайтадан А-ООН қосылыстарынан және А- $(OH)_2$ артық мөлшерін жууға болатын қара қабықша пайда болады. Мұндай қабықша құрамында химиялық мыстауда катализатор бола алатын қарапайым мыс бөлшектері бар (Сурет 4ә). Химиялық мыстау келесі құрамдағы ерітіндіде жүргізілді, г/л: $CuSO_4 \cdot 6H_2O$ - 20, pH=12,5-ге дейін NaOH, формалин - 15. Процесс бөлме температурасында газдың бөлінгені тоқтағанға дейін жүргізілді (шамамен 2 сағат). Бұл кезде металдарға тән электр өткізгіштігі бар қоңыр түсті жабынды алынды (Сурет 4б).



4-сурет. Мысты химиялық қаптаудың жеке кезеңдерінде мата үлгілерінің сыртқы түрінің өзгерісі:
а - бастапқы үлгі; ә - каталитикалық белсенді мыс бөлшектерін тұндырғаннан кейінгі үлгі;
б - мысты химиялық тұндырғаннан кейінгі үлгі.

Қорытынды

$CuCl_2$ ерітіндісімен суланған мақта матасына күн сәулесінің әсерінен хлоридтің матаның негізін құрайтын целлюлозамен әрекеттесуі нәтижесінде мыстың моновалентті хлориді пайда болады.Осы процесте пайда болған бос орындарды электронмен қамтамасыз ету үшін мата қосымша аскорбин қышқылының ерітіндісімен суланады, одан әрі қарай күн сәулесінің әсерінен фотохимиялық реакция жүріп қарапайым мыс түзіледі, мыс қосылыстары бинарлы жартылай өткізгіш болып табылады.Осы процестердің нәтижесінде матада дисперсті мыс бөлшектері бар қабықша түзіледі. Мұндай қабықша химиялық мыстауда катализатор ретінде қызмет ете алады.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Gregor G., Christopher R., Marc S. Metallic Copper as an Antimicrobial Surface // Appl Environ Microbiol. – 2011. – Vol.77(5). – P.1541-1547. DOI: https://doi.org/10.1128/AEM.02766-10

[2] Doremalen N.V. Aerosol and Surface stability of SARS-CoV-2 as compared with SARS-CoV-1 // NEJM. – 2020. – P.1-3. DOI: https://doi.org/10.1056/NEJMc2004973

[3] Noyce J.O., Michels H., Keevil C.W. Inactivation of Influenza A Virus on Copper versus Stainless Stell Surfaces // Appl Environ Microbiol. – 2007. – Vol.73(8). – P. 2748-2750. DOI: https://doi.org/10.1128/AEM.01139-06

[4] Longano D., Ditaranto N., Sabbatini L., Torsi L., Cioffi N. Synthesis and Antimicrobial Activity of Copper Nanomaterials. In: Cioffi N., Rai M. (eds) Nano-Antimicrobials. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2012. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-642-24428-5_3

[5] Vincent M., Duval R.E., Hartemann P., Engels-Deutsch M. Contact killing and antimicrobial properties of copper // Journal of Applied Microbiology. – 2018. – Vol.124, Iss.5. – P.1032-1046. DOI: https://doi.org/10.1111/jam.13681

[6] Gross T.M., Lahiri J., Golas A. Copper-containing glass ceramic with high antimicrobial efficacy // Nat Commun. – 2019. – Vol.10. – P.1979. DOI: https://www.nature.com/articles/s41467-019-09946-9

[7] Zakharova O.V., Godymchuk A.Yu., Gusev A.A., Gulchenko S. I., Vasyukova I.A., Kuznetsov D. V. Considerable Variation of Antibacterial Activity of Cu Nanoparticles Suspensions Depending on the Storage Time, Dispersive Medium, and Particle Sizes // Biomed Research International. – 2015. – Article ID 412530, 11 pages. https://www.hindawi.com/journals/bmri/2015/412530/

[8] Debirupa Mitra, Min Li, En-Tang Kang, Koon Gee Neoh**.** Transparent Copper-Based Antibacterial Coatings with Enhanced Efficacy against Pseudomonas aeruginosa // ACS Appl. Mater. Interfaces. – 2019. – Vol.11(1). – P.73–83. DOI: https://doi.org/10.1021/acsami.8b09640

[9] Laura Tamayo, Manuel Azócar, Marcelo Kogan, Ana Riveros, Maritza Páez. Copper polymer nanocomposites: An excellent and cost-effective biocide for use on antibacterial surfaces // Materials Science and Engineering C. – 2016. – Vol.69(1). – P.1391-1409. DOI: https://doi.org/10.1016/j.msec.2016.08.041

[10] Gyu-In Shim, Hyeng Woo-Eom, Se-Young Choi. Synthesis and antibacterial properties of silver and copper ions against Escherichia Coli, Salmonella Typphimurium, Staphylococcus aureus and Pseudomonas Aeruginosa // The 8th Pacific Rim International Congress on Advanced Materials and Processing. August 4-9, 2013, at the Hilton Waikoloa Village in Waikoloa, Hawaii, USA. – 2013. – P.229-234. DOI: https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-48764-9?page=8

[11] Anita S., Ramachandran T., Rajendran R., Koushik C.V., Mahalakshmi M. A study of the antimicrobial property of encapsulated copper oxide nanoparticles on cotton fabric // TRJ. – 2011. – Vol.81(10). – P. 1081-1088. DOI: https://doi.org/10.1177/0040517510397577

[12] Official web-site of "Center for modern social technologies SOCTECH". Available online: http://www.soctech.ru/index.php?module=shop&file=product&id=161: URL (accessed on 30 July 2020).

[13] S. Korean firm develops antimicrobial copper film to neutralize COVID-19. Available online:

https://pulsenews.co.kr/view.php?year=2020&no=630419: URL (accessed on 30 July 2020).

[14] Rojas O. Cellulose Chemistry and Properties: Fibers, Nanocelluloses and Advanced Materials // Advances in Polymer Science. – 2016. –Vol. 271. – P.341.

[15] Determining the degree of blackness of the radiating body. Laboratory work. URL: http://5fan.ru/wievjob.php?id=16367

[16] Devis M., Ostin Zh., Patridzh D. Vitamin S: Himija i biohimija [in Russian: Vitamin C: Chemistry and biochemistry]. - Moscow: Mir, 1999. - P.176.

Сатаев М.С., Абжалов Р.С., Абдуразова П.А., Кошкарбаева Ш.Т., Аманбаева К.Б.

Получение антибактериальных медьсодержащих нанопленок на диэлектрических поверхностях

Резюме Активизация поверхности хлопчатобумажных тканей перед получением химической медной пленки рекомендуется проводить путем осаждения дисперсных частиц меди. Для этого используются физико-химические процессы, происходящие в тонких слоях растворов медного хлорида, под воздействием видимого спектра электромагнитного солнечного излучения. В этом случае медные хлориды взаимодействуют с целлюлозой, являющейся основной составной частью ткани, образуя монохлорид меди. Показано, что это взаимодействие происходит от воздействия солнечных лучей. После этого ткань смочена раствором аскорбиновой кислоты и снова подвергается солнечному излучению. Электроны, находящиеся в полупроводнике под воздействием солнечных фотонов, получают дополнительную энергию и окисляют медный элемент, а появившиеся в этом случае свободные места заполняются электронами в зависимости от окисления аскорбиновой кислоты. В результате этих процессов на поверхности ткани образуется оболочка, содержащая медные частицы, способные катализировать химическую медь.

Ключевые слова: ткань хлопчатобумажная, фотохимический процесс, хлорид меди, монохлорид меди, активация, химическая медь.

УДК 355.01
UDC 355.01

S.Saliy, R. Altynbekov, A.Mukhatay
(Academy of Border Guard Service Almaty, Kazakhstan)
E-mail: rgp_81@mail.ru.

AUTHORIZED BODIES PARTICIPATING IN PROTECTING THE STATE BORDER OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: PROBLEM ASPECTS AND WAYS TO IMPROVE INTERACTION

Abstract. Based on the analysis of the regulatory legal framework, the article identifies problematic aspects in the activities of authorized bodies involved in the protection of the State Border of the Republic of Kazakhstan. It is proposed to concretize the measures that the authorized bodies are implementing to protect the State Border. The necessity of expanding the competences of the authorized body in the field of transport and communications and the central authorized body for land management has been established. As ways to improve interaction, the need to create a single center in the central office of the Border Service, together with the Armed Forces of the Republic of Kazakhstan, is substantiated, which would, on a systematic basis, monitor the real state of protection of the State Border (land, sea, underwater environment and air space), ensuring more effective use of the available forces and means of authorized bodies to ensure national security in the border area of the Republic of Kazakhstan.

Key words. Protection, State border, national security, border space, Border service, authorized bodies, interaction, mechanism, competences.

С.Салий, Р. Алтынбеков, А. Мухатай
(Академия Пограничной службы КНБ Республики Казахстан
г.Алматы, Республика Казахстан)

УПОЛНОМОЧЕННЫЕ ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ЗАЩИТЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ

Аннотация. В статье на основе анализа нормативной правовой базы, определены проблемные аспекты в деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы Республики Казахстан. Предложено конкретизировать меры, которые реализуют для защиты Государственной границы уполномоченные органы. Установлена необходимость расширения компетенций уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций и центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами. В качестве путей совершенствования взаимодействия обосновывается необходимость создания в центральном аппарате Пограничной службы, совместно с Вооруженными Силами Республики Казахстан, единого центра, который бы на системной основе осуществлял мониторинг реального состояния охраны Государственной границы (сухопутного, морского участков, подводной среды и воздушного пространства), обеспечивая более эффективное применение имеющихся сил и средств уполномоченных органов для обеспечения национальной безопасности в пограничном пространстве Республики Казахстан.

Ключевые слова. Защита, Государственная граница, национальная безопасность, пограничное пространство, Пограничная служба, уполномоченные органы, взаимодействие, механизм, компетенции.

Актуальность статьи. Поиск наиболее эффективных способов деятельности всех заинтересованных органов, участвующих в защите государственной границы, становится актуальным для большинства государств.

В соответствии с пунктом 1 статьи 6 Закона Республики Казахстан от 16 января 2013 года «О Государственной границе Республики Казахстан» (далее – Закон Республики Казахстан «О Государственной границе») защита Государственной границы Республики Казахстан (далее – Государственная граница) осуществляются Правительством Республики Казахстан и уполномоченными органами путем реализации в пределах компетенции каждого потестарного института совокупности политических, правовых, экономических, пограничных, военных и иных мер [1], которые, на практике, не всегда являются эффективными, а, в отдельных случаях, и недостаточными для защиты национальных интересов Республики Казахстан в пограничном пространстве.

В этой связи определение проблемных аспектов, возникающих при реализации уполномоченными органами мер, направленных на обеспечение защиты Государственной границы, а также совершенствование взаимодействия, на современном этапе развития Казахстана приобретает особую актуальность.

Постановка проблемы. Национальная безопасность в пограничном пространстве Республики Казахстан зависит от результативности реализации уполномоченными органами мер по защите Государственной границы и напрямую влияет на обеспечение необходимого уровня национальной безопасности в пограничном пространстве Республики Казахстан. С учетом возникновения новых угроз в пограничном пространстве Республики Казахстан необходимо осуществление поиска наиболее эффективных способов организации и координации взаимодействия уполномоченных органов, что позволит более качественно обеспечить защиту Государственной границы.

Анализ последних исследований и публикаций. Вопросами, исследования деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы в различных постановках занимался ряд отечественных и зарубежных специалистов и ученых: Н.Ж. Асылов, К.И. Молтобарова, А.А. Адаутов, С.П. Мосов, В.А. Дмитриев, Р.М. Алтынбеков, Г.И. Молдаханова, М.Б. Бурьян, А.С. Мартикьян, В.В. Ващенко, С.М. Салий, Ю.Г. Федотова, В.И. Боярский, В.И. Петров, В.В. Кудинов, Д.С. Баклан, Ю.Н. Рылач, В.Г. Моисеенко, Д.А. Сухов и др.

Вместе с тем, исследования указанных авторов представляют соответствующий профессиональный ландшафт для систематизации и выработки наиболее эффективных путей деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, в интересах обеспечения национальной безопасности в пограничном пространстве.

Цель статьи. На основе анализа нормативной правовой базы, регламентирующей деятельность уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, выявить проблемные аспекты данного процесса и предложить наиболее целесообразные методы организации взаимодействия и его поддержания.

Методы исследования. Методологический аппарат исследования деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, ориентирован на использование различных подходов – программно-целевого, синергетического и информационного:

- программно-целевой подход позволил определить цель и ожидаемые результаты деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы;
- синергетический подход позволил выявить и исследовать общие закономерности деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, а также механизмы их взаимодействия;
- информационный подход позволил на основе изучения объекта исследования в его взаимоотношениях и взаимосвязях с внешними объектами получить конечные результаты в виде непротиворечивой системы научно-теоретических обоснований механизма взаимодействия уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы.

При исследовании деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, и их взаимодействия, был использован широкий спектр общенаучных общелогических методов и методов теоретического познания – анализ и синтез, абстрагирование, обобщение, моделирование, системный подход, формализация, аксиоматический метод, структурно-функциональный, гипотетико-дедуктивный и т.д.

Для установления структурных связей между постоянными и переменными элементами исследуемой системы представляется наиболее целесообразно использовать совокупность методов системного анализа, методологическое значение которого «состоит в том, что рассмотрение категорий системного анализа создает основу для логического и последовательного подхода к

проблеме принятия решений. Эффективность решения проблем с помощью системного анализа определяется структурой решаемых проблем» [2].

Из эмпирических методов для всестороннего исследования были задействованы познавательные операции – сравнение, описание и измерение.

Помимо этого, также были использованы частные, специально-научные методы научного познания – контент-анализа, статистического анализа, типологического анализа, ситуационного подхода, PEST-анализа и др.

Последовательность применения методов исследования, как обоснование способов достижения поставленной цели, была следующей:

- на первоначальном этапе, с помощью методов анализа, сравнения, описания, измерения и др. осуществлен анализ нормативной правовой базы, регламентирующей деятельность уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы. На основе исследования нормативной правовой базы, с помощью аксиоматического и гипотетико-дедуктивного методов, определены основные тенденции, проблемы относительно роли и места уполномоченных органов в общей системе защиты Государственной границы;

- затем, с использованием методов абстрагирования, обобщения, моделирования, формализации, статистического, типологического, контент- и PEST-анализа, ситуационного подхода и др., была осуществлена оценка оперативной обстановки, сложившаяся на основе практических действий уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы;

- после этого, с использованием методов обобщения, моделирования, формализации, аксиоматического метода, а также иных методов теоретического познания были определены конкретные предложения и направления совершенствования деятельности уполномоченных органов по защите Государственной границы;

- в завершении, с помощью частных методов исследования – контент-анализа, статистического анализа, типологического анализа, ситуационного подхода, расширенного и дополненного метода PEST-анализа до уровня PESTLER-анализа и др., осуществлено научное обоснование задач, которые должны решать уполномоченные органы и осуществлена выработка предложений, направленных на совершенствование механизма их взаимодействия в процессе деятельности по защите Государственной границы.

Изложение основного материала. Одним из ключевых аспектов обеспечения национальной безопасности в пограничном пространстве, является защита Государственной границы. В Законе Республики Казахстан «О Государственной границе» определена компетенция Правительства Республики Казахстан и иных уполномоченных органов, которые осуществляют защиту Государственной границы.

К уполномоченным органам, в соответствии с законодательством Республики Казахстан, отнесены: «Правительство Республики Казахстан, Комитет национальной безопасности Республики Казахстан (далее – КНБ), органы государственных доходов Республики Казахстан, Министерство иностранных дел Республики Казахстан (далее – МИД), Министерство внутренних дел Республики Казахстан (далее – МВД), уполномоченный орган в области транспорта и коммуникаций Республики Казахстан, центральный уполномоченный орган по управлению земельными ресурсами Республики Казахстан, местные исполнительные и иные государственные органы Республики Казахстан» [1]. Вместе с тем, следует отметить, что охрану воздушного пространства, которая является составной частью защиты Государственной границы, осуществляют Вооруженные Силы Республики Казахстан (далее – ВС). Однако в главе 10 Закона Республики Казахстан «О Государственной границе», раскрывающем компетенцию ВС, не отражено, что они являются именно уполномоченным органом, как это отмечено в главе 9, раскрывающей деятельность Пограничной службы КНБ Республики Казахстан (далее – Пограничная служба).

Для обеспечения национальных интересов государства, общества и личности в пограничном пространстве уполномоченные органы, каждый из них в пределах своей компетенции, должны реализовывать совокупность политических, правовых, организационных, экономических, военных и иных мер, направленных, прежде всего, на повышение эффективности защиты Государственной границы.

Как показывает проведенный анализ нормативной правовой базы Республики Казахстан [3-15], в законодательстве отсутствует конкретизация мер, которые должны реализовывать уполномоченные органы. Данный вывод подтверждает содержание статьи 8 Закона Республики Казахстан «О Государственной границе», в которой вместо детализации мер по защите Государственной границы,

как задекларировано в названии статьи, отмечено, что Пограничная служба совместно с ВС привлекают силы и средства уполномоченных органов, организаций и граждан для выполнения мероприятий по защите Государственной границы. Однако конкретизация мер, которые должны реализовывать в интересах обеспечения защиты Государственной границы, не нашла своего нормативного закрепления.

Анализ содержания главы 8 Закона Республики Казахстан «О Государственной границе» относительно компетенции Правительства Республики Казахстан, иных государственных органов Республики Казахстан, показывает, что деятельность отдельных уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы не нашла должного отражения в данной главе. Так, в Законе Республики Казахстан «О Государственной границе» достаточно полно описана компетенция Правительства Республики Казахстан, КНБ, органов государственных доходов Республики Казахстан, МИД, МВД, местных исполнительных и иных государственных органов Республики Казахстан. Вместе с тем, компетенция уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций и центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами в Законе Республики Казахстан «О Государственной границе» сформулированы в общем виде.

Например, в компетенцию центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами входит осуществление контроля за отображением Государственной границы на картографических материалах и обеспечение геодезического определения пограничных знаков. То есть, компетенция данного органа по защите Государственной границы заключается в контроле за тем, чтобы на картографических материалах была отражена Государственная граница. Возникает вопрос, а как это влияет на защиту Государственной границы? При этом механизм обеспечения пограничных формирований картографическими материалами не определен (Пограничная служба самостоятельно изыскивает средства для приобретения необходимых картографических материалов), что, соответственно, создает определенные трудности в выполнении задач по охране Государственной границы.

В этой связи, целесообразно компетенцию центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами дополнить обязанностью – по запросу Пограничной службы обеспечивать пограничные формирования необходимым количеством картографических материалов (или представлять данные сведения в электронном виде для соответствующего тиражирования с соблюдением мер по защите государственных секретов).

Также требуется внесение дополнений в компетенцию уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций. Так, в компетенцию уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций входит «создание, в пределах своей компетенции, инфраструктуры всех видов пунктов пропуска и установка на въездах в пограничную зону дорожных (информационных) знаков» [1]. Вместе с тем, вопросы содержания созданной инфраструктуры пунктов пропуска и дорожных знаков остались вне правового поля. Кроме того, непонятно кто из уполномоченных органов, в соответствии с требованиями подпункта 2 статьи 13 Закона Республики Казахстан «О Государственной границе» [1], будет осуществлять обеспечение функционирования рубежа обозначения Государственной границы (установка, сохранение и поддержание в исправном состоянии пограничных знаков, их контрольный осмотр, оборудование пограничных просек и троп).

И, если сохранение и контрольный осмотр пограничных знаков на практике осуществляет Пограничная служба, то установка, поддержание в исправном состоянии пограничных знаков, оборудование пограничных просек и троп должно быть отнесено к компетенции именно уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций *(следует отметить, что данное ведомство на практике занимается только вопросами установки пограничных знаков)*.

Кроме того, если к компетенции уполномоченных органов отнесено осуществление иных полномочий, предусмотренных законодательством Республики Казахстан, то в подзаконных нормативных правовых актах уполномоченных органов) они должны найти свое отражение, а не оставаться простым пунктом Закона Республики Казахстан «О Государственной границе», не несущим в себе никакой смысловой нагрузки. При просмотре в информационно-правовой системе нормативных правовых актов Республики Казахстан «Адилет» содержания Закона Республики Казахстан «О Государственной границе», а именно пункта компетенции всех уполномоченных органов «осуществляет иные полномочия, предусмотренные законодательством Республики Казахстан», слово «полномочия» должно отражать ссылку на определенный нормативный правовой акт, который регламентирует данные полномочия.

Следующий аспект, который был проанализирован, относится к изучению вопросов взаимодействия уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы. Проведенный анализ показал, что пункт 1 статьи 63 Закона Республики Казахстан «О Государственной границе» также не несет в себе конкретики относительно механизма взаимодействия уполномоченных органов.

В данной статье отмечается, что уполномоченные органы при выполнении возложенных задач по защите Государственной границы взаимодействуют между собой путем реализации совместных мер. При этом механизм взаимодействия в нормативных правовых документах не раскрывается, что позволяет каждому уполномоченному органу данную работу проводить не системно, а в соответствии с собственными представлениями или ведомственными указаниями, что и происходит на практике.

Для повышения эффективности взаимодействия всех уполномоченных органов при решении широкого круга задач по защите национальных интересов республики в пограничном пространстве Постановлением Правительства Республики Казахстан от 31 декабря 2013 года № 1457 под председательством первого заместителя Премьер-министра была создана Государственная пограничная комиссия при Правительстве Республики Казахстан [16].

В настоящее время данное Постановление Правительства утратило силу постановлением Правительства Республики Казахстан от 26 января 2018 года № 34. Взамен него распоряжением Премьер-Министра Республики Казахстан от 21 ноября 2017 года № 156-р было введено в действие Положение о Государственной пограничной комиссии при Правительстве Республики Казахстан и определен ее состав [13], из которого следует, что данную комиссию возглавляет не первый заместитель Премьер-министра Республики Казахстан, а просто заместитель. Кроме того, в действующей редакции Положения о Государственной пограничной комиссии при Правительстве Республики Казахстан определено, что заседания комиссии проводятся не ежеквартально, как в было в предыдущей редакции, а по мере необходимости, а вместо 10 задач, комиссия решает только одну «*выработка предложений по обеспечению пограничной безопасности, предупреждению и пресечению посягательств на суверенитет, целостность и неприкосновенность территории Республики Казахстан, защите ее Государственной границы*» [13], содержание которой достаточно объемно и не отражает вопросы взаимодействия уполномоченных органов.

Целесообразно нормативно закрепить соответствующий механизм взаимодействия, исполнение которого было бы обязательным для всех уполномоченных органов. Данный шаг позволит повысить качество и эффективность реализации мер по защите Государственной границы.

Следующим проблемным аспектом в реализации уполномоченными органами мер по защите Государственной границы является взаимодействие при охране воздушного пространства Республики Казахстан. Законодательно определено, что Пограничная служба, являясь уполномоченным органом, осуществляет свою деятельность по охране Государственной границы на суше, в территориальных водах (море) и внутренних водах (в том числе в подводной среде), а охрану Государственной границы в воздушном пространстве осуществляют ВС.

Проведенный анализ показал, что законодательно не отражен механизм взаимодействия Пограничной службы и ВС по вопросам охраны Государственной границы. Исходя из определения, представленного в Законе Республики Казахстан «О Государственной границе», Государственная граница – это линия и проходящая по ней вертикальная плоскость, определяющие пределы территории Республики Казахстан (суши, вод, недр, воздушного пространства) и пространственный предел действия государственного суверенитета Республики Казахстан. Следовательно, охрану сухопутной и морской части Государственной границы осуществляет одно ведомство, а другую часть (воздушное пространство) осуществляет другое ведомство, при этом механизм их взаимодействия законодательно не регламентирован. И если нарушение воздушного пространства летательными аппаратами фиксируются подразделениями ВС, то действия органов (подразделений) Пограничной службы в этих ситуациях на законодательном уровне не конкретизируется.

Кроме того, требует совершенствования механизм передачи информации от ВС о нарушениях воздушного пространства в Пограничную службу. С учетом появления новых угроз, к которым относится применение в целях контрабанды через Государственную границу малых летательных аппаратов, в том числе и беспилотных (квадракоптеры и т.п.), нет единого понимания по противодействию данной угрозе. В настоящее время пограничные формирования только фиксируют такие нарушения (и то, лишь при условии визуальной видимости летательного аппарата), передавая информацию в вышестоящий орган управления, а предпринять каких либо действенных мер не

могут, в связи с отсутствием необходимых средств противодействия. А ВС, которые отвечают за охрану воздушного пространства, также не могут предложить действенных мер по противодействию данной угрозе, они только информируют Пограничную службу о результатах свершившегося факта нарушения воздушного пространства и зачастую только после фиксирования данного факта.

Необходимо отметить, что нарушения воздушного пространства не всегда преследует цель проверить боевую готовность подразделений противовоздушной обороны ВС, а в большинстве случаев целью такого нарушения могут быть различные противоправные действия (вывоз или заброска диверсионно-разведывательных групп в пограничное пространство, контрабандная деятельность и т.п.). В этой связи информация о возможном подлете к Государственной границе летательного аппарата должна своевременно поступить в соответствующий Департамент Пограничной службы, для принятия необходимых мер по недопущению нарушения Государственной границы.

Исходя из вышеизложенного, назрела необходимость создания в центральном аппарате Пограничной службы, совместно с ВС, иными уполномоченными органами, единого центра мониторинга сухопутных (морских) участков, подводной среды и воздушного пространства Государственной границы. Проработку характеристик технических средств, которыми целесообразно оснастить данный центр, необходимо начать уже сейчас, а собственно создание образцов необходимых технических средств, которые составят основу функционирования центра, целесообразно осуществить в рамках реализации Закона Республики Казахстан от 18 марта 2019 года № 319 «Об оборонной промышленности и государственном оборонном заказе». Данный центр на системной основе должен осуществлять мониторинг реального состояния охраны Государственной границы (сухопутного, морского участков, подводной среды и воздушного пространства), что позволит более эффективно применять имеющиеся силы и средства уполномоченных органов для обеспечения национальной безопасности в пограничном пространстве Республики Казахстан.

Выводы. Эффективность реализации мер зависит от понимания каждым уполномоченным органом своей роли в процессе защиты Государственной границы. В целях совершенствования деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, предлагается:

законодательно конкретизировать меры, которые должны реализовывать уполномоченные органы, участвующие в защите Государственной границы;

рассмотреть вопрос о расширении компетенции уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций и центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами. Предлагается к компетенции уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций отнести не только создание инфраструктуры пунктов пропуска, а также поддержание их в рабочем состоянии. Кроме того, оборудование содержание дорожных знаков, пограничных просек и троп также должно быть отнесено к компетенции именно уполномоченного органа в области транспорта и коммуникаций;

расширить компетенцию центрального уполномоченного органа по управлению земельными ресурсами, касательно обеспечения, по запросам Пограничной службы необходимым количеством картографических материалов (или представлять данные сведения в электронном виде для соответствующего тиражирования с соблюдением мер по защите государственных секретов);

конкретизировать задачи Государственной пограничной комиссии при Правительстве Республики Казахстан, в частности определение мер, которые должны реализовывать уполномоченные органы, участвующие в защите Государственной границы и осуществление мониторинга их реализации на практике;

рассмотреть вопрос о создании в центральном аппарате Пограничной службы, совместного с ВС, единого центра мониторинга сухопутных (морских) участков, подводной среды и воздушного пространства страны, который бы на системной основе осуществлял мониторинг реального состояния охраны Государственной границы (сухопутного, морского участков, подводной среды и воздушного пространства), обеспечивая более эффективное применение имеющихся сил и средств уполномоченных органов для обеспечения национальной безопасности в пограничном пространстве Республики Казахстан.

Практическая реализация вышеотмеченных предложений по совершенствованию деятельности уполномоченных органов, участвующих в защите Государственной границы, позволит более эффективно обеспечивать национальную безопасность в пограничном пространстве.

ЛИТЕРАТУРЫ

[1] О Государственной границе Республики Казахстан. Закон Республики Казахстан от 16.01.2013 № 70-V ЗРК Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL:http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1300000070 (дата обращения: 22.03.2020).

[2] Системный анализ. Материал из Википедии – свободной энциклопедии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/.

[3] Об органах внутренних дел Республики Казахстан. Закон Республики Казахстан от 23 апреля 2014 года № 199-V ЗРК. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1400000199.

[4] Об обороне и Вооруженных Силах Республики Казахстан. Закон Республики Казахстан от 7 января 2005 года N 29. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z050000029_.

[5] О местном государственном управлении и самоуправлении в Республике Казахстан. Закон Республики Казахстан от 23 января 2001 года № 148. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/Z010000148_.

[6] Об утверждении Положения о Комитете национальной безопасности Республики Казахстан. Указ Президента Республики Казахстан от 1 апреля 1996 года № 2922. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/U960002922_.

[7] Об утверждении Положения о Комитете государственных доходов Министерства финансов Республики Казахстан. Приказ Министра финансов Республики Казахстан от 14 июня 2016 года № 306. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/G16E0000306.

[8] Вопросы Министерства иностранных дел Республики Казахстан. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 октября 2004 года № 1118. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/P040001118_.

[9] Вопросы Министерства транспорта и коммуникаций Республики Казахстан. Постановление Правительства Республики Казахстан от 24 ноября 2004 года N 1232. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/P040001232_.

[10] Вопросы Министерства энергетики Республики Казахстан. Постановление Правительства Республики Казахстан от 19 сентября 2014 года № 994. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1400000994.

[11] Вопросы Пограничной службы Комитета национальной безопасности Республики Казахстан. Указ Президента Республики Казахстан от 10 декабря 1999 года № 282. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/U990000282_.

[12] О некоторых вопросах Агентства Республики Казахстан по управлению земельными ресурсами. Постановление Правительства Республики Казахстан от 30 ноября 2007 года № 1158. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/P070001158_.

[13] Об образовании Государственной пограничной комиссии при Правительстве Республики Казахстан. Распоряжение Премьер-Министра Республики Казахстан от 21 ноября 2017 года № 156-р. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/ R1700000156.

[14] Об утверждении положений о ведомствах и территориальных органах Министерства внутренних дел Республики Казахстан. Приказ Министра внутренних дел Республики Казахстан от 1 октября 2014 года № 662. Зарегистрирован в Министерстве юстиции Республики Казахстан 13 октября 2014 года № 9792. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/V14C0009792.

[15] Об утверждении положений территориальных органов, находящихся в ведении Министерства энергетики Республики Казахстан. Приказ исполняющего обязанности Министра энергетики Республики Казахстан от 28 июля 2016 года № 347. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/G16JVM00347.

[16] Постановление Правительства РК от 31 декабря 2013 года № 1457 «О Государственной пограничной комиссии при Правительстве Республики Казахстан». Утратил силу постановлением Правительства Республики Казахстан от 26 января 2018 года № 34. Информационно-правовая система нормативных правовых актов Республики Казахстан. - URL: http://adilet.zan.kz/rus/docs/P1300001457.

С.Салий, Р. Алтынбеков, А. Мухатай

Қазақстан Республикасының мемлекеттік шекарасын қорғауға қатысатын уәкілетті органдар: проблемалық аспектілер және өзара іс-қимылды жетілдіру жолдары

Түйіндеме. Мақалада нормативтік құқықтық базаны талдау негізінде Қазақстан Республикасының Мемлекеттік шекарасын қорғауға қатысатын уәкілетті органдар қызметіндегі проблемалық аспектілер

айқындалған. Мемлекеттік шекараны қорғау үшін уәкілетті органдар жүзеге асыратын шараларды нақтылау ұсынылды. Көлік және коммуникациялар саласындағы уәкілетті органның және жер ресурстарын басқару жөніндегі орталық уәкілетті органның өкілеттіктерін кеңейту қажеттілігі белгіленді. Өзара іс-қимылды жетілдіру жолдары ретінде Шекара қызметінің орталық аппаратында Қазақстан Республикасының Қарулы күштерімен бірлесіп, Қазақстан Республикасының шекара кеңістігінде ұлттық қауіпсіздікті қамтамасыз ету үшін уәкілетті органдардың қолда бар күштері мен құралдарын неғұрлым тиімді қолдануды қамтамасыз ете отырып, мемлекеттік шекараны (құрлық, теңіз учаскелері, су асты ортасы мен әуе кеңістігі) қорғаудың нақты жай-күйіне жүйелі негізде мониторинг жүргізетін бірыңғай орталық құру қажеттігі негізделеді.

Тірек сөздер: Қорғау, Мемлекеттік шекара, ұлттық қауіпсіздік, шекара кеңістігі, Шекара қызметі, уәкілетті органдар, өзара іс-қимыл, механизм, құзыреттер.

S. N. Trukhan
(Military Institute of Land Forces of the Ministry of Defense, Krasnogorskaya street 35,
050053, Almaty, Kazakhstan. E-mail: Svetnic_tru@mail.ru)

INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE PROFESSIONAL TRAINING OF MILITARY UNIVERSITY CADETS

Abstract This article examines the ever-increasing importance of information and communication technologies, the social order of society and the state for a military specialist who is prepared for the ability to organize his work on a scientific basis in new conditions.

The level of specialist trainning must be coincidid not only to the current condifions of social and productive relafions, but also provide the capability ofspecialists to be adapted in the process of innovation and changing the professional sphere, aswell as finding solution in non standard situations, in order to think creatively and self orga nized.

An important component of the introduction of the formation of professional competence is the measurement of the results of professional competence and their assessment.

Keywords: Information technologies, professional training, professional education, information and communication technologies, information.

С.Н. Трухан
(Военный институт Сухопутных войск МО РК, ул. Красногорская 35, 050053,
г. Алматы, Казахстан. E-mail: Svetnic_tru@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА

Резюме Статья направлена на изучения всевозрастающей роли информационно-коммуникационных технологий в подготовке курсантов Военного института Сухопутных войск, социальный заказ общества и государства на военного специалиста, подготовленного к умению на научной основе организовать свой труд в новых условиях.

Уровень подготовки специалистов должен отвечать не только текущему состоянию общественных и производственных отношений, но и обеспечивать способность специалистов: адаптироваться в процессе обновления и изменения профессиональной сферы; находить решения в нестандартных ситуациях; самостоятельно и творчески мыслить.

Важной составной частью внедрения формирования профессиональной компетенции является измерение результатов наличия профессиональной компетентности и их оценка.

Ключевые слова: информационные технологии, профессиональная подготовка, профессиональное образование, информационно-коммуникационные технологии, информатизация.

Изменение ориентации общественных отношений, постановка новых задач, которые выдвигаются перед обществом, приводят к переосмыслению содержания и организации современного обучения на всех его ступенях, в том числе и в Военном институте Сухопутных войск, призванной готовить специалистов высокой квалификации.

Сегодня не вызывает сомнения, что новые поколения, вступающие в жизнь, должны быть более адекватно ориентированы в профессиональной области с целью более оптимальной организации своего труда. Уровень подготовки специалистов должен отвечать не только текущему состоянию общественных и производственных отношений, но и обеспечивать способность специалистов:

адаптироваться в процессе обновления и изменения профессиональной сферы; находить решения в нестандартных ситуациях; самостоятельно и творчески мыслить. Эту проблему необходимо решать как в построении системы образования, так и при построении содержания каждой дисциплины в отдельности.

Важным процессом, происходящим в обществе, является его глобальная информатизация. Современное общество под влиянием всеобщего процесса информатизации преобразуется в новую общественную структуру - информационное общество, способное пользоваться современными знаниями во всех общественно значимых областях человеческой деятельности, в том числе и профессиональной.

Главная задача процесса информатизации современного общества состоит в освоения теории и практики использования современных информационных технологий, способствующих развитию профессионализма, формированию умений разрабатывать стратегию поиска решения как учебных, так и практических задач, прогнозировать и анализировать результаты принятых решенийна основе моделирования информационных процессов,явлений, взаимосвязей между ними.

Возрастающие требования к качеству знаний выпускников высших учебных заведений, в том числе и в нашем военном институте Сухопутных войск, являются неизбежным следствием научно-технического прогресса, в условиях которого не может оставаться неизменным образовательный процесс. Особую актуальность приобретает задача подготовки военных кадров новой формации в сфере обороноспособности страны. Достичь высокого профессионализма, умения самостоятельно принимать обоснованные и эффективные решения в настоящее время невозможно без овладения информационными технологиями. Как показывает практика, большинство специалистов уже не представляет себе, как бы они выполняли свою работу, с которой прекрасно справлялись еще 5 лет назад, без помощи компьютера.

В настоящее время все большее распространение находит компьютерная техника, все шире становится перечень решаемых ею задач. Постоянно растет объем и сложность обрабатываемой информации, требуются все новые виды ее представления. Одним из важнейших факторов функционирования и развития обороноспособности страны выступает управленческая деятельность, именно к ней готовят курсантов военных вузов в т.ч. и наш военный иинститут Сухопутгых войск. Эта деятельность постоянно совершенствуется в соответствии с объективными требованиями к выпускникам военных вузов. Все это требует от профессиональной подготовки в военных вузах адаптации к новым условиям, преодоления возникающих проблем в будущей профессиональной деятельности.

Современная педагогическая наука за последние годы обогатилась теоретическими исследованиями процесса профессиональной подготовки военных специалистов в условиях бурного роста информации, быстрой смены техники и технологии: деятельностным подходом к обучению [1], [2, [3]; формированием профессионально направленного содержания образования[1], [4]. Процесс профессиональной подготовки курсантов нашего вуза претерпевает серьезные изменения, его составные компоненты взаимосвязаны друг с другом, совершенствование одних влечет за собой изменение других.

Вместе с тем, очевидно, что научные знания должны быть адаптированы к условиям различных уровней образования, в частности, к условиям и особенностям высшего военного образования, дополнении информацией о методах, средствах и приемах, с помощью которых проблемы профессиональной подготовки курсантов военного вуза могут быть решены. Одним из таких средств в современном военном образовании справедливо считаются средства новых информационных технологий.

В условиях современных реалий государственная политика любой страны направлена на обеспечение национальной безопасности и национальных интересов, которое осуществляется различными социально-правовыми институтами посредством применения мер политического, информационного, правового, организационного, военного и иного характера, направленных на противодействие внешним и внутренним угрозам.

В числе основных национальных интересов любой страны выступает защита суверенитета, государственной и территориальной целостности, социальной стабильности, прав и свобод личности, которые обеспечиваются деятельностью силовых структур государства.

Одной из основных целей профессионального образования в военных вузах является соответствие уровня компетенций, профессиональных качеств будущих офицеров требованиям, закрепленным в квалификационных требованиях к офицерам, направлениям и специфике

профессиональной деятельности [5]. Система военно-профессионального образования в современных условиях призвана обеспечить непрерывный образовательный маршрут будущего офицера, основанный на приоритете ряда задач:

- развитие образовательной среды в военных вузах, обеспечивающей практико-прикладной характер образования;

- содержания и структуры профессионального образования в соответствие со спектром задач, решаемых воинскими подразделениями с ориентацией на социально-политические приоритеты;

- модернизация системы оценки качества профессионального образования выпускников военных вузов, организация постоянного мониторинга эффективности образовательного процесса во всех его структурных и содержательных элементах и личностно-профессиональных достижений курсантов [5].

Профессиональное образование определяется как вид образования, направленный на приобретение курсантом в процессе освоения основных образовательных программ (ООП) знаний, умений и навыков, формирование определенного объема компетенций, которые позволяют реализовывать профессиональные функции по конкретной профессии или специальности [6].

Говоря о системе профессионального образования в военных вузах, отметим, что она имеет определенную специфику, обусловленную особенностями сферы профессиональной деятельности будущих специалистов.

Профессиональная подготовка будущих офицеров, осуществляемая по направлению (специальности) подготовки будущих военных специалистов в соответствии с квалификационными требованиями, выполняет ряд функций, которые, в свою очередь, определяются спецификой образовательно-профессиональной среды, а также особенностями организации и тенденциями развития системы военного образования.

Профессиональная подготовка курсантов военных вузов, как и в нашем военном институте Сухопутных войск, организуется в соответствии с требованиями нормативных документов в сфере образования, ведомственных нормативных документов, определяющих порядок организации профессиональной деятельности офицеров, и требования к их профессиональной подготовке (Квалификационные требования к военно-профессиональной подготовке выпускников образовательных организаций высшего образования «Служебно-боевое применение соединений, воинских частей и подразделений» [7]. Данные документы закрепляют базовые положения, определяющие содержание, объем и порядок организации процесса профессиональной подготовки курсантов.

Оценка качества освоения ООП предполагает организацию постоянного мониторинга эффективности реализации ООП, с оответствия личностно-профессиональных достижений курсантов о бозначенным в стандарте компетенциям.

Процесс профессиональной подготовки будущих офицеров средствами информационных технологий интегрирует все компоненты профессиональной подготовки курсантов.

Основной смысл профессиональной подготовки состоит во взаимосвязи процесса и результата профессиональной подготовки. При этом основным средством, обеспечивающим данную интеграцию, выступают информационные ресурсы, применение которых обеспечит достижение результата профессиональной подготовки.

С помощью информационно-коммуникационных средств, в военных вузах возможно решение комплекса дидактических задач:

- совершенствование процесса профессиональной подготовки, обеспечение эффективности самостоятельной работы курсантов;

- обеспечение совместной деятельности;

- усиление мотивации курсантов, возможность их привлечения к профессионально направленной научно-исследовательской и проектной деятельности.

Под информационно-коммуникационными средствами, которые используются в образовательном процессе, понимают программные, программно-аппаратные и технические средства, которые функционируют на базе вычислительной техники, персональных компьютеров и информационных систем и обеспечивают доступ к информационным ресурсам компьютерных сетей [8]. К данным средствам я отношу: компьютерную технику, локальные вычислительные сети, системы графического отображения информации, современные средства связи, обеспечивающие информационное взаимодействие на различных уровнях.

К основным средствам, позволяющим использовать ресурсы информационных технологий, я отношу: компьютерные обучающие программы, которые включают в себя электронные учебники, тренажеры, лабораторные практикумы, системы тестового контроля; обучающие системы, построенные на базе мультимедиа технологий с использованием компьютерной техники, видеотехники, интерактивных досок, накопителей информации на оптических дисках и других переносных носителях; распределенные базы данных, средства телекоммуникации, представленные электронной почтой, локальной и глобальной сетью связи и обмена данными; электронные библиотеки.

В рамках методического назначения информационно-коммуникационных средств их классифицируют по ряду оснований:

- обучающие информационно-коммуникационные средства, контролирующие тестовые программы, предметно-ориентированные среды обеспечивают о владение знаний, формирование способов деятельности, ускоряют процесс усвоения учебной информации;

- тренажеры предназначены для отработки умений и навыков и включают средства для оценки достигнутого уровня навыков и соответствующего изменения интенсивности тех или иных тренирующих воздействий;

- информационно-поисковые и справочные информационно-коммуникационные средства;

- демонстрационные информационно-коммуникационные средства (презентации, компьютерные иллюстрации, интернет-трансляции) обеспечивают визуализацию изучаемых объектов, их разностороннее представление;

- имитационно-игровые информационно-коммуникационные средства (компьютерные симуляции, игровые программы) предназначены для создания игровых ситуаций, имитирующих реальные ситуации профессиональной деятельности).

1. Применение информационных средств в процессе организации контроля с использованием контролирующих и тестовых программ (например, HyperTest) способствует исключению субъективизма в оценке, позволяет экономить время и человеческие ресурсы. Отметим, что любые контрольные мероприятия с использованием информационных средств должны сочетаться с реализацией обучающей функции, которая может исходить как от преподавателя, как основного источника информации, так и быть интегрирована в компьютер. При этом необходимо так строить тестовые задания, чтобы курсант не просто искал в памяти или в информационно-поисковых системах ответ, который подходит под вопрос, а погружался в атмосферу интеллектуального труда, актуализировал мышление в процессе поиска ответа на тестовые задания.

В современных условиях темпы информатизации общества стремительно нарастают, что проявляется в проникновении новых информационных технологий в различные сферы деятельности человека, модификации отдельных профессиональных функций, появлении новых видов профессиональной деятельности, требующих содержательной и технологической реструктуризации образовательной системы с целью подготовки квалифицированных военных специалистов.

Применение информационных технологий в военном образовании должно быть направлено на достижение следующих целей:

- повышение уровня профессиональной подготовки военных специалистов посредством информационных технологий в части проведения комплекса процедур организационно-методического и информационно-ресурсного характера;

- создание условий для повышения качества образовательного процесса в военном вузе за счет внедрения инновационных методов и форм обучения, основанных на современных информационных технологиях.

Поэтому разработка и внедрение информационных технологий занимает приоритетное место в системе образования.

Внедрение новых информационных средств обучения, реализация которых меняет методологическую основу образования, определили возможность существенной интенсификации профессиональной подготовки.

В практике образовательного процесса военных вузов используются возможности локальных глобальных вычислительных сетей, способствующих получению информации из различных источников. Так, в рамках локальной сети образовательного учреждения, например, обеспечивается доступ к информации, находящейся на его сервере (серверах структурных подразделений) с возможностью доступа к ней из специализированных компьютерных классов, библиотеки и компьютерной техники, находящейся в подразделениях.

И спользование информационных технологий для повышения результативности процесса профессиональной подготовки курсантов военного вуза предполагает наличие компьютерных контролирующих и тестовых программ по каждой учебной дисциплине, что обеспечивает возможность повышения объективности оценки знаний курсантов и оперативности их проверки.

Обоснованием данного условия является реализация принципа целостности образовательного процесса. Информационные технологии не могут реализовываться только в одном компоненте образовательного процесса. Их реализация неизбежно влечет изменения в других структурных компонентах образовательного процесса (целевом, содержательном, деятельностном (средства, методы, формы), и в том числе, оценочно-результативном. Поэтому результаты освоения любой дисциплины оцениваются на основе использования информационных технологий.

Заключение

Подытоживая вышеизложенное, отметим, что информационные технологии в единстве применяемых средств, методов и форм профессиональной подготовки являются мощным ресурсом обеспечения ее качества и достижения запланированного результата.

К числу приоритетных аспектов применения информационных технологий с целью повышения процесса профессиональной подготовки курсантов в военных вузах можно отнести:

- предоставление нового учебного материала с использованием информационных технологий осуществляется в новых формах, позволяющих обеспечить индивидуализацию обучения;

- использование информационных технологий позволяет существенным образом повысить эффективность образовательного процесса за счет минимизации времени на освоение большого информационно-образовательного массива.

В этой связи, говоря об организации процесса подготовки курсантов в военных вузах средствами информационных технологий, следует сделать акцент на том, что условия реализации ООП подготовки военных специалистов, должны в полной мере соответствовать требованиям информационной безопасности.

Профессиональная подготовка курсантов военного вуза в том числе и военного института Сухопутных войск, является составляющей системы военно-профессионального образования, представляет собой процесс овладения курсантами системой компетенций, формирование профессиональной готовности военного специалиста к служебно-боевой деятельности.

Профессиональная подготовка курсантов вузов осуществляется на основе требований. Государственного стандарта и квалификационных требований к военно-профессиональной подготовке выпускников образовательных организаций высшего образования.

Результатом профессиональной подготовки выступает профессиональная готовность офицера, определяемая в исследовании как системное личностное свойство военного специалиста, позволяющее ему осуществлять взаимодействие с профессиональной средой на основе овладения системой общекультурных, профессиональных и военно-профессиональных компетенций, актуализации личностно-профессиональных качеств и способностей для повышения эффективности служебно-боевой деятельности.

Важным фактором совершенствования процесса и результата профессиональной подготовки будущих офицеров, является ее ориентация на широкое и последовательное использование информационных технологий, применение которых интенсифицирует процесс военно-профессиональной деятельности.

Основным результатом профессиональной подготовки является профессиональная готовность военного специалиста к решению задач служебно-боевой деятельности, которая определяет личностно-профессиональное поведение офицера в профессиональной среде.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Архангельский, С.И. Учебный процесс в высшей школе, его закономерные основы и методы [Текст] : учеб.-метод. пособие / С. И. Архангельский. - М. : Высш. шк., 1980. - 368 с.

[2] Якиманская, И.С. Технология личностно-ориентированного образования [Текст] : научное издание / И. С. Якиманская ; отв. ред. М. А. Ушакова. - М. : Сентябрь, 2000. - 175 с.

[3] Зимняя, И.А. Ключевые компетенции – новая парадигма результата образования / И.А. Зимняя // Высшее образование сегодня.- 2003. -№ 5. - С. 34-42.

[4] Талызина, Н. Ф. Педагогическая психология [Текст] : учеб. для студ. учеб. заведений сред. проф. образования, обучающихся по пед. спец. / Н.Ф. Талызина . - 3-е изд.,стереотип. - М. : AcademiA, 2001. - 288 с.

[5] Асланов, Р.М. Роль информационных технологий в повышении качества профессионального образования / Р.М. Асланов, Е.В. Беляева // Наука и школа. - 2015. - № 3. – С.18 -27.

[6] Бойкова, М.Б. Система вузовской профессиональной подготовки кадров новой формации для сферы физической культуры и спорта / М.Б. Бойкова // Современные проблемы науки и образования. - 2015. - № 6. – С.51-60.

[7] Приложение к приказу МО РК от 25 января 2013 г. N 46, Квалификационные требования к профессиональным знаниям и навыкам, необходимым для исполнения обязанностей по воинским должностям военнослужащих воинских формирований РК.

[8] Ильяшенко, С.Б. Актуальные проблемы подготовки преподавателей и студентов к применению информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе / С.Б. Ильяшенко // Вестник Московской академии предпринимательства при Правительстве Москвы. Проблемы образования. - 2011. - № 2. – С.67-75.

Трухан С.Н.

Ақпараттық технологиялар әскери жоо-да курсанттардың кәсіби дайындығы

Түйіндеме. Мақала Құрлық әскерлерінің Әскери институтының курсанттарын ақпараттық - коммуникациялық технологиялардың даму рөлін үйренуіне дайындауға, көпшілікпен мемлекеттің әскери мамандыққа әлеуметтік сұранысы мен жаңа жағдайда өз еңбектерін ғылыми тұрғыда дайындай алуына ұйымдастырылған.

Мамандарды дайындау сапасы тек ағымдағы қоғам жағдайымен өзара қарым-қатынастарына ғана жауап бермей, сонымен қатар мамандардың қабілеттілігін қамтамасыз ету керек: машықтанған ортаны жаңаруы мен өзгеру процессіне бейімдеу керек; әртүрлі жағдайда шешім табу керек; өз еркіммен және терең ойлау керек.

Кәсіптік құзіреттілігін қалыптастыруды енгізудің маңызды құрамдас бөлігі ретінде нәтижелердің өлшемі мен оның бағалануы болып саналады.

Түйін сөздер: ақпараттық технологиялар, кәсіби дайындық, кәсіби білім, ақпараттық-коммуникациялық технологиялар, ақпараттандыру.

МАЗМҰНЫ

Жер туралы ғылымдар

Жақып А.Е., Мирлас В.М., Ауелхан Е.С.
АЛМАТЫ АГЛОМЕРАЦИЯНЫҢ АУМАҒЫНДАҒЫ ҚАУІПТЫ ИНЖЕНЕРЛІК ЖӘНЕ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ПРОЦЕССТЕРІ..... 3
Бекетова А.Т., Берденов Ж.Г., Илиеш Д.К., Джаналеева Г.М., Мендыбаев Е.Х., Илиеш А.
ЖАЙЫҚ ӨЗЕНІ АҢҒАРЫНЫҢ ТОПЫРАҒЫНДА АУЫР МЕТАЛДАРДЫҢ ЖИНАҚТАЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ (АҚТӨБЕ ОБЛЫСЫ ҚАРҒАЛЫ АУДАНЫ ШЕГІНДЕ)..... 10
Абетов А.Е., Муканов Д.Б.
ГЕОЛОГИЯЛЫҚ БАРЛАУ ЖҰМЫСТАРЫНЫҢ НӘТИЖЕЛЕРІ, МҰНАЙ МЕН ГАЗДЫҢ РЕСУРСТАРЫ МЕН ҚОРЛАРЫ ТУРАЛЫ ЖАРИЯ ЕСЕПТІЛІКТІҢ ҚАЗАҚСТАНДЫҚ КОДЕКСІ-ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ГЕОЛОГИЯЛЫҚ ҚОҒАМДАСТЫҚҚА КІРІГУ ҚАЖЕТ..... 17
Айдосов А., Баямирова Р. У, Тогашева А. Р., Жолбасарова А. Т., Кунаева Г. Е., Исламбердиев Ж. А., Шиланбаев Б. А.
ӨНЕРКӘСІП АЙМАҒЫНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ ЖӘНЕ ДИНАМИКАНЫ ТАЛДАУ ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ БОЙЫНША ЖӘНЕ ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ҮЛГІСІНДЕ АТМОСФЕРАЛЫҚ АУАНЫҢ САПАСЫ..... 23
Айдосов А., Мусина У.Ш., Баямирова Р.У., Тогашева А.Р., Жолбасарова А.Т., Қонаев Г.Е.,
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ МЕН ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ БОЙЫНША ЖЕР РЕСУРСТАРЫНЫҢ, ӨНДІРІС ЖӘНЕ ТҰТЫНУ ҚАЛДЫҚТАРЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН ДИНАМИКАДА ТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ-ЭКОНОМИКАЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ БАҒАЛАУ..... 31
Исмагулова С.М., Саипов А.А., Дмитриев П.С.
ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ АЙМАҚАРАЛЫҚ МИГРАЦИЯЛЫҚ ҚАТЫНАСЫНЫҢ ГЕОГРАФИЯСЫ..... 44
Тайжанова М.М., Дмитриев П.С. , Конырбаев Е.Г.
СОЛТҮСТІК-ҚАЗАҚСТАН ОБЛЫСЫ ТУРИСТІК-РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ ӘЛЕУЕТІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ДАМУ МӘСЕЛЕЛЕРІ МЕН ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ..... 50
Нурпейсова А.М., Сапаров Қ.Т., Егинбаева А.Е.
ҚОСТАНАЙ ОБЛЫСЫ ТОПОНИМИКАЛЫҚ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУДІҢ ГЕОГРАФИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ..... 56
Сергеева А.М., Көшім А.Ғ., Сапаров Қ.Т.
КАСПИЙ ТЕҢІЗІ МЕН ОНЫҢ ЖАҒАЛАУЫНЫҢ РЕКРЕАЦИЯЛЫҚ-ГЕОМОРФОЛОГИЯЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ..... 62
Байботаева А.Д., Кенжалиева Г.Д., Кочеров Е.Н., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.
ЖАУЫН ҚҰРТТАРЫН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ҚАЛА ОРТАСЫНЫҢ ТОПЫРАҚ ЖАМЫЛҒЫСЫНЫҢ ЖАЙ-КҮЙІН БИОТЕСТІЛЕУ..... 72
Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н., Жақыпбек Ы., Әбен А.С.
БҰЗЫЛҒАН ЖЕРЛЕРДІ ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУДІ БАСҚАРУ ТИІМДІЛІГІНІҢ НЕГІЗДЕМЕСІ..... 77
Мақыжанова А.Т. , Шаугимбаева Н.Н., Каташева А.Ч.
СУ ЖҮЙЕЛЕРІН АУЫР МЕТАЛДАРДАН БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖОЛМЕН ТАЗАЛАУ..... 82

Техникалық ғылымдар

Баямирова Р.У.,Тогашева А.Р.,Жолбасарова А.Т., Бисенгали М., Кунаева Г.А., Кулиев М.Ю., Бөрібек Ш.И.
ҚИЫНДАТАТЫН ФАКТОРЛАРДЫ ЕСКЕРЕ ОТЫРЫП, МҰНАЙ КОНДЕНСАТЫ ҚОСПАСЫН ТҰЗСЫЗДАНДЫРУ..... 88
Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.
КЕҢІСТІКТІК ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ШУЫЛДЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУ..... 94
Сұлтанқұлов Е. Қ., Нұрланбек А. Д., Калиев Ж. Ж., Тойгожинова А. Ж.
АҚАУЛАР КЕЗІНДЕГІ МЕТРОПОЛИТЕН ЖЕЛІСІНІҢ УАҚЫТША МОДЕЛІ..... 98
Рахимова Д., Тұрарбек А., Карюкин В., Карибаева А., Тұрғанбаева А.
ҚАЗАҚ ТІЛІНЕ АЙНАЛДЫРЫЛҒАН МАШИНАЛАРДЫ АУДАРУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА ШОЛУ..... 103
Жұмахан Н.С.
OPENCV, PYTHON ЖӘНЕ DLIB КӨМЕГІМЕН БЕТ БАҒДАРЛАРЫ АРҚЫЛЫ КӨЗДІҢ ЖЫПЫЛЫҚТАУЫН АНЫҚТАУ..... 110

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.
ҚАЗАНДЫҚ ЖӘНЕ ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР ЭЛЕМЕНТТЕРІНІҢ КАПИЛЛЯРЛЫ-КЕУЕКТІ ЖАБЫНДАРЫНДАҒЫ ЖЫЛУ ЖҮКТЕМЕЛЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 113
Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.
ПОЛИМЕР МОДИФИКАТОРЛАРЫНЫҢ ДИСПЕРСТІ ӘСЕРІН ТАЛДАУ ҮШІН КОМПЬЮТЕРЛІК-МИКРООПТИКАЛЫҚ ӘДІСТІ ҚОЛДАНУ…… 119
Наурызбаев А.Е., Мухамедрахимова Г.И., Абдраимова Г.С., Қансейтова Б.З.
LORAWAN ТЕХНОЛОГИЯСЫНЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 125
Абеков У.Е., Демин В.Ф.
ТҰРАҚСЫЗ ТАУ ЖЫНЫСТАРЫНДА КЕН ҚАЗБАЛАРЫН БЕКІТУ……... 130
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.
ЖЫЛУ АЛМАСУ КЕЗІНДЕГІ ПОРУСТЫҚ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ…… 135
Адамбаев М.Д., Бижанова А.С.
ЕКІ САТЫЛЫ ҰНТАҚТАУ ҮРДІСІНІҢ ЕКІ КОНТУРЛЫ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІН (АРЖ) ЖЕТІЛДІРУ ЖӘНЕ ӨНДІРІСТІК СЫНАУ..... 142
Азамат Р.М., Жуматова Ш.А., Ханиев Б.А., Дәрменқұлова М.Б., Сагидолда Е.
КЕУЕКТІ КРЕМНИЙ НЕГІЗІНДЕ ГАЗ СЕНСОРЛАРЫН ДАЙЫНДАУ..... 149
Айкумбеков М.Н., Камзина А.Д., Кобдиков М.А., Сарбаев С.Ш., Аримбекова П.М.
АЛТЫНКӨЛ СТАНЦИЯСЫНДА ЖҮК ТАСЫМАЛЫН БАСҚАРУДАҒЫ БИЗНЕС-МОДЕЛЬДЕР..... 155
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А.
КАПИЛЛЯРЛЫ-КЕУЕКТІ ОРТАДАҒЫ ЖЫЛУБЕРІЛІМ ТАПШЫЛЫҒЫ МЕН ШЕКТІ ЖЫЛУАЛМАСУ БЕТІНІҢ ЗЕРТТЕУ..... 159
Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.
КЕҢІСТІКТІК ЭЛЕКТРОМАГНИТТІ ШУЫЛДЫҢ САПАСЫН БАҒАЛАУДА ЭНТРОПИЯЛЫҚ ТАЛДАУ..... 166
Алханова Г.А., Жүзбаев С. С.
СЕМАНТИКАЛЫҚ ЖЕЛІ НЕГІЗІНДЕ АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН ОҚУ ӘДІСТЕМЕЛІК КЕШЕНІНІҢ МОДЕЛІ..... 169
Амангелді Н., Кудубаева С.Ә.
ҚАЗАҚ ЫМ ТІЛІНДЕГІ СӨЗ ТІРКЕСІН ТАНУДЫҢ БАЙЛАНЫСҚАН ОБЛЫСТАРДЫ БЕЛГІЛЕУ ЖӘНЕ КОРРЕЛЯЦИЯЛЫҚ ӘДІСТЕРІ..... 172
Амангелді Н., Кудубаева С.А.
ҚАЗАҚ ЫМ ТІЛІН ТАНУ ЕСЕБІНІҢ ПӘН ОБЛЫСЫНА ШОЛУ. ЕСЕПТІҢ ҚОЙЫЛУЫ..... 177
Амиргалиев Е.Н., Едилхан Д., Куанышбай Д.Н., Баймуратов О.
ҚАЗАҚ ТІЛІН ОҚЫТУ ҮШІН ҚОЛДАНУҒА АРНАЛҒАН АВТОМАТТЫҚ ТАНУ ҚАБЫЛДАУЫ…. 183
Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М. Едилхан Д., Иржанова А.А., Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.
ЕКІ ТІЗБЕКТІ КҮН ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ЭКСПЕРИМЕНТТІК ҮЛГІСІН ЖАСАУ..... 189
Амиргалиев Е., Крак Ю., Мерембаев Т., Кеншимов Ч., Бармак О., Манзюк Э.
ДЕРЕКТЕРДІ АЗАЙТУ ЖӘНЕ ПУНКТУАЦИЯЛЫҚ СЫЗЫҚТЫҚ БӨЛУ ӘДІСТЕРІНЕ НЕГІЗДЕЛГЕН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫҢ ЖІКТЕЛУІ..... 199
Асанов А.А., Каспакбаев К.С., Устемирова Р.С., Карпов А.П.
ЛОКОМОТИВТІ МОДЕРНИЗАЦИЯЛАУ ҮШІН ОНЫҢ ДИНАМИКАЛЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫН ДАМЫТУ……. 207
Асильбекова И.Ж., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.
АВИАЦИЯДАҒЫ IT-ТЕХНОЛОГИЯЛАР..... 215
Асильбекова И.Ж., Калиева К., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.
ЛОГИСТИКАДАҒЫ ТӘУЕКЕЛДЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ АЗАЙТУ ЖОЛДАРЫ…….. 219
Ахмедов Д.Ш., Богуспаев Н.Б., Раскалиев А.С., Мурзалиев А.Т., Мелешкина И.В.
КАЛМАННЫҢ ОРТОГОНАЛЬДЫ UD-СҰЗГІСІН ҚОЛДАНА ОТЫРЫП, ЖЕРСЕРІКТІК-ИНЕРЦИЯЛДЫ ӨЛШЕУЛЕРДІҢ ӘЛСІЗ БАЙЛАНЫСҚАН БІРІКТІРУІ НЕГІЗІНДЕ НАВИГАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ МАКЕТТІК ҮЛГІСІНЕ ҚОЙЫЛАТЫН ТАЛАПТАРДЫ ӘЗІРЛЕУ.. 226
Байкенов Н.А., Еминалинова М.Р., Жаниенов Д.Б., Муканова А.К., Нұрмағанбетов А.Ж.
ӨНДІРІСТІ НАРЫҚТЫҚ ЭКОНОМИКА ЖАҒДАЙЫНДА ДАЙЫНДАУ МОДЕЛЬДЕРІ ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ЖЕТІЛДІРУ ШАРАЛАРЫ..... 230
Бердимурат А.Д., Хазимов К.М., Сагындыкова Ж.Б., Идрышев К.Ж., Урмашев Б.А., Хазимов М.Ж.
КВТС-0,2 СУ ЖЫЛЫТУ ҚАЗАНДЫҒЫ ЖҰМЫСЫНЫҢ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ..... 234
Бисаринова А., Киселева О., Мамырова А.
5G ЗАТТАРДЫ ИНТЕРНЕТПЕН БІРІКТІРУ. 5G-IOT КОНВЕРТТЕЛГЕН ЭКОЖҮЙЕНІ ДАМЫТУ… 240
Бримжанова С.С., Атанов С.К., Молдамурат Х., Байхадамова З.М.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕНІ БАҒАЛАУ ЖӘНЕ БІЛІМДІ БАҚЫЛАУ КОМПОНЕНТТЕРІ..... 243

Болатов Н.Қ., Оразов О.Ш., Болатова Ж.Т., Ахметжанова А.Б.
БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК ҮЛГІСІНДЕ АЭРОБТЫ ЖӘНЕ АНАЭРОБТЫ АҒЫНДАРДЫҢ ТИІМДІ АРАҚАТЫНАСЫН АНЫҚТАУ..... 248
Болатов Н.Қ., Қасымжанова Қ.С., Болатова Ж.Т., Мукашев А.А.
БИОМАССАНЫ АРАЛАСТЫРУДЫҢ ЖӘНЕ АЙНАЛЫМЫНЫҢ ОҢТАЙЛЫ ЖҮЙЕСІ БАР ЭКСПЕРИМЕНТТІК БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ШЫҒЫС ПАРАМЕТРЛЕРІН АНЫҚТАУ..... 255
Болатов Н.Қ., Қасымжанова Қ.С., Оразов О.Ш., Болатова Ж.Т.
БИОМАССАНЫ АРАЛАСТЫРУДЫҢ ЖӘНЕ АЙНАЛЫМЫНЫҢ ОҢТАЙЛЫ ЖҮЙЕСІ БАР ЭКСПЕРИМЕНТТІК БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫСЫНДА ПРОЦЕСТІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУ... 263
Болатов Н.Қ., Аятхан М.А., Болатова Ж.Т., Ахметжанова А.Б.
БИОГАЗ ҚОНДЫРҒЫСЫНЫҢ ТӘЖІРИБЕЛІК ҮЛГІСІН ЭКСПЕРИМЕНТТІК ЖӘНЕ ИНЖЕНЕРЛІК СЫНАУ..... 271
Дайырбаева Э.Н., Мурзин Ф.А., Тойгожинова А.Ж., Липская М.А.
СУРЕТТЕРДІ ӨҢДЕУДЕ СТРИП-ӘДІСТІ ПАЙДАНАЛУ ЖОЛДАРЫ МЕН НӘТИЖЕЛЕРІ..... 279
Сәндібек Д.
ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫҚ ДИЗАЙНДЫҢ ҮЛГІЛЕРІ МЕН ӘДІСІН ДАМЫТУ АЭРОПОРТТЫҚ АГЕНТТІК ЖҮЙЕСІ..... 284
Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Нуралина А.К.
ЛОГИСТИКАНЫҢ ДАМУЫНЫҢ ҚАЗІРГІ КӨЛІКТІК ТЕНДЕНЦИЯЛАРЫ..... 289
Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Саукенова И.К.
ҚАЗІРГІ ШАРТТАРДА КӨЛІК МАРШРУТТАРЫНЫҢ ЛОГИСТИКАСЫ..... 292
Жабаев Т.Р., Тукеев У.А.
МӘТІНДІ РЕТТІЛІК МОДЕЛЬДЕРІНЕ ТІЗБЕКТЕЙ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ЖЕҢІЛДЕТУ..... 294
Жақсылық Р.У.
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУДЫ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ СӨЙЛЕУ ЭМОЦИЯЛАРЫН ТАНУ ӘДІСТЕРІ..... 298
Досжанова А.А., Зтелеу Ш.С., Заманғалиева Ш.Ш.
КӨЛІКТІК ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫНДА КИБЕРШАБУЫЛДЫ ТАНУДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК МОДЕЛІ МЕН АЛГОРИТІМІ..... 302
Айдарова С., Шарипова А., Исаева А., Султанбеккызы Д., Исахов М., Бабаев А.
НАТРИЙ КАЗЕИНАТЫ МЕН ХИТОЗАННЫҢ МАЙМЕН ШЕКАРАСЫНДА ФАЗАРАЛЫҚ КЕРІЛУІНІҢ ДИНАМИКАЛЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІН ЗЕРТТЕУ 306
Исембергенов Н.Т., Абдикул Т.
КҮН ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯСЫНА АРНАЛҒАН ТРАНЗИСТОРЛЫҚ ИНВЕРТОРДЫ ЗЕРТТЕУ..... 312
Исембергенов Н.Т., Искакова А.Ж.
ИНВЕРТОРЛЫҚ КЕРНЕУ СТАБИЛИЗАТОРЫН ЗЕРТТЕУ..... 316
Исраилова С., Муханова А., Исмаилова А., Маханов М.
МИТАЦИЯЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУДІ ҚОЛДАНУЫМЕН ТЕРМОБОКСТЫҢ САЛҚЫНДАТУ ЭЛЕМЕНТІНІҢ ТЕМПЕРАТУРАСЫН ТҰРАҚТАНДЫРУ БИЗНЕС-ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ..... 321
Кочеров Е.Н., Мақұлбекова Г.О., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.
ҚЫҢҒЫРАҚ-КЕЛЕС БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫНЫҢ КЕУЕКТЕНУІНЕ ҚОҢЫР КӨМІРДІҢ ЫҚПАЛЫ..... 325
Казангапова Б.А.
КӘСІПОРЫНДАРДЫҢ АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ БОЙЫНША ӘРТҮРЛІ АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДІ САЛЫСТЫРМАЛЫ ТАЛДАУ..... 330
Калижанова А.У, Кемельбекова И.М., Нурсеит Н.Н., Мустафаева А.А.
БОЛЖАУ МОДЕЛЬДЕРІ МЕН ӘДІСТЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 333
Қамен Б.Қ.
ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ БІЛІМ БЕРУ САЛАСЫНДАҒЫ РОБОТОТЕХНИКА: ТӘЖІРИБЕ ЖӘНЕ ДАМУ БОЛАШАҒЫ..... 341
Кашкимбаева Н.М., Калдарова М.Ж.
АУЫЛШАРУАШЫЛЫҚ СЕНСОРЛАРЫН БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІН ДАМЫТУ..... 343
Жанибек К.Г.
ӨҢДІРІСТЕГІ АКПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІКТІ ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ САЯСАТЫ..... 347
Кемельбеков И.М., Смагулов Б.М., Сергазин А.Э., Кошабаев Д.А.
PUSH-НОТИФИКАЦИЯЛАР АРҚЫЛЫ АУАДАҒЫ ЗИЯНДЫ ЗАТТАРДЫ АНЫҚТАУҒА ЖӘНЕ ТАРАТУҒА АРНАЛҒАН ЗИЯТКЕРЛІК ЖҮЙЕНІ ҚҰРУ..... 352
Кенжебек Е.Ғ., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.
ПОЛИНОМДЫ РЕГРЕССИЯ ӘДІСІМЕН МҰНАЙ ӨНДІРУДІ БОЛЖАУ..... 358

Кеншимов Ш., Крак Ю., Амиргалиева Ж., Кондратюк С., Айтимов А.
ҚОЛ ҚИМЫЛДАТУ ТІЛІНІҢ БЕЛГІЛЕРІН МОДЕЛЬДЕУГЕ ЖӘНЕ ТАНУҒА АРНАЛҒАН АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР 364
Киселева О.В., Маратқызы К.
СЫМСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА ШОЛУ ЖӘНЕ САЛЫСТЫРУ 372
Маратқызы К., Киселева О., Сейдахметова Г., Заманова С., Есимова Ж.
ИНДУСТРИЯЛЫҚ ИНТЕРНЕТКЕ ҚОЛДАУ КӨРСЕТУ ҮШІН 5G ГЕТЕРОГЕНДІ ЖЕЛІЛЕР 377
Киселева О.В., Маратқызы К.
IEEE 802.11 ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУ МЕН ПАЙДАЛАНУДЫҢ НЕГІЗГІ ПРИНЦИПТЕРІ 380
Майғазиев Е.
ОҚЫТУ НӘТИЖЕЛЕРІН ЗИЯТКЕРЛІК ТАЛДАУДЫҢ ЖҮЙЕСІН ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ ҚҰРУ 385
Мауленов Е.С., Guruler H., Сербин В.В., Маматова Г.У. Бекаулова Ж.М.
SMART ТЕХНОЛОГИЯЛАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН БЕЙІМДЕЛГІШ ОНЛАЙН БІЛІМ БЕРУ ЖҮЙЕСІНІҢ КОНЦЕПТУАЛДЫҚ МОДЕЛІ 388
Махажанова У.Т., Муханова А.А., Абдикеримова Г.Б.
ШАҒЫН (ОРТА) БИЗНЕСТІ КӘСІПОРЫННЫҢ НЕСИЕЛІК ҚАБІЛЕТІН БАҒАЛАУ ҮШІН КӨРСЕТКІШТЕР ЖИЫНЫН ЗАДЕ БҰЛДЫР ЛОГИКАСЫ НЕГІЗІНДЕ ҚАЛЫПТАСТЫРУ 395
Мусина Э. Б.
«КАРЦЕМЕНТ» АҚ ЦЕМЕНТ КӘСІПОРНЫ ҮЛГІСІНДЕ ӨНДІРІСТІК ЖАРАҚАТТАНУДЫҢ СЕБЕПТЕРІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ АЛДЫН АЛУ 403
Мусиралиева Ш.Ж., Омаров Б.С., Медетбек Ж.Б., Қараман Ғ.Р., Бекетова А.К.
МАШИНАЛЫҚ ОҚЫТУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ӘЛЕУМЕТТІК ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЭКСТРЕМИЗМ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ҚАМТИТЫН ХАБАРЛАМАЛАРДЫ АНЫҚТАУ 409
Мусиралиева Ш.Ж., Айдын М.Е., Оспанов Р. Қ.
ӘЛЕУМЕТТІК ЖЕЛІДЕГІ ДОСТЫҚ БАЙЛАНЫС ЖӘНЕ ДЕМОГРАФИКАЛЫҚ АТРИБУТТАРҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ПАЙДАЛАНУШЫНЫ АНЫҚТАУ ӘДІСІ 416
Мухамеджанова Д.
АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕЛЕРДЕГІ ЖЕКЕ ДЕРЕКТЕРДІ ИЕСІЗДЕНДІРУ ӘДІСІМЕН ҚОРҒАУ 421
Нұрланбек А.Д., Сұлтанқұлов Е.Қ., Тойгожинова А.Ж., Калиев Ж.Ж.
АЛМАТЫ ҚАЛАСЫ МЕТРОПОЛИТЕН ПОЙЫЗДАРЫНЫҢ ҚОЗҒАЛЫСЫН БАСҚАРУ 426
Оразбаев Қ.Н., Боранбай М.Р., Қабасова Ж., Абенова Д.К., Естаева Д.Қ., Мусина Э.Б.
АУАЛЫҚ ЭЛЕКТР БЕРІЛІС ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ӨТКІЗГІШТІК ҚАБІЛЕТІН ЖОҒАРЫЛАТУ МӘСЕЛЕСІН ЗЕРТТЕУ 430
Рысмендеева Г.С.
ЖЕКЕ АҚПАРАТТЫ БАСҚАРУ ҮШІН ШЕШІМ ҚАБЫЛДАУ ҮШІН АҚПАРАТТЫҚ ЖҮЙЕСІНІҢ ВИЗУАЛДЫ МОДЕЛЬДЕРІН ДАМЫТУ 434
Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Мусаев М.М., Ғабдысалық Р., Иманбаев Е.Б.
АЗ КӨМІРТЕКТІ БОЛАТТЫ ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ КЕСУ ҮШІН ДИСКІЛІ АРАНЫҢ ОҢТАЙЛЫ ГЕОМЕТРИЯСЫН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ 440
Салыкова О., Иванова И., Салыков Б.
ВИЗИАЛЫҚ НҰСҚАУЛАРДЫ ТАНУ ҮШІН НЕРАЛДЫ ЖЕЛІЛЕРДІ ТИІМДІ ҮЙРЕНУ 446
Сатыбалдиева Ф., Бейсембекова Р., Сарибаев А., Култас А.
ФОТОПАНЕЛЬМЕН КҮН ЭНЕРГИЯСЫН ТҮРЛЕНДІРУ НЕГІЗІНДЕГІ АҢДУ ЖҮЙЕСІНІҢ МАКСИМАЛЬДЫ ҚУАТ АЛУ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ 451
Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б., Арапов М.К., Сатыбалдина Д.Ж.
КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ТҮРЛЕНДІРУДІҢ ҚАУІПСІЗ АУТСОРСИНГІ 458
Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.
ОРТАДАН ТЕПКІШ ТОПЫРАҚ СОРҒЫЛАРЫНЫҢ ТОЗУЫНА КАВИТАЦИЯНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ 464
Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.
ГИДРОАБРАЗИВТІ ӘСЕР ЕТУ ЖӘНЕ ОНЫҢ ТӨМЕНДЕУ ВАРИАЦИЯСЫ КЕЗІНДЕ ЖЕР АСТЫ СОРҒЫЛАРЫНЫҢ ТОЗУЫ 471
Серикбаева А., Хожанепесова Ф.
МИНЕРАЛДЫҚ ТАСЫМАЛДАҒЫШТАРҒА ИММОБИЛИЗАЦИЯЛАНҒАН ДЕСТРУКТИВТІ-МИКРОАҒЗАЛАРДЫҢ МҰНАЙДЫ ТОТЫҚТЫРҒЫШ БЕЛСЕНДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ 478
Мақұлбекова Г., Кочеров Е., Пивоваров А., Кенжалиева Г., Мамитова А.
ЖЫЛУОҚШАУЛАУЫШ ЖӘНЕ ӨРТ ҚАУІПСІЗ КЕРАМОГРАНУЛЯТТАР АЛУ МАҚСАТЫНДА ҚЫҢҒЫРАҚ-КЕЛЕС КЕНОРНЫ БЕНТОНИТТІ САЗДАРЫ МЕН ЖЭС КҮЛДЕРІНІҢ БІРІККЕН ТЕРМИЯЛЫҚ ӨҢДЕУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ 481
Муханова А.А., Идрисова И.А., Исмаилова А.А., Маханов М.
АҚПАРАТТЫҚ ҚАУІПСІЗДІК ИНЦИДЕНТТЕРІНЕ ЖАУАП БЕРУ МОДЕЛІ 486

Нужнов Ю.В., Ембергенова Д.Б.
ТУРБУЛЕНТТІ АҒЫСТАРДЫҢ СТАТИСТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ БОЛАШАҒЫ ТУРАЛЫ..... 490
Смакова Н.С., Шеров К.Т., Смирнов Ю.М., Мусаев М.М., Габдысалык Р.
ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ДІРІЛ МОДУЛІНІҢ «СОТАШЫҚ» ТЕТІГІН КӨПЛЕЗВИЯЛЫ
РОТАЦИЯЛЫҚ ЖОНУ ПРОЦЕСІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ..... 495
Қанаев Ә.Т., Баймырзаев Қ.М., Валиев Х.Х., Бугубаева А.У., Токпаев К.М.
ІРІ АУҚЫМДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЭКСПЕРИМЕНТТЕРДІ ДАЙЫНДАУ ЖӘНЕ ЖҮРГІЗУ
ҮШІН ҚҰРАМЫНДА УРАН БАР БАЛАНСТЫҚ КЕНДЕРДІ БИОШАЙМАЛАУ..... 501
Тугельбаева Г.К.
ҚАТТЫ НЕГІЗДЕГІ ҚУЫСЫ БАР СЕРПІМДІ ҚАБАТТЫҢ КЕРНЕУЛІ-ДЕФОРМАЦИЯЛЫҚ КҮЙІ..... 508
Утепов Е.Б., Мкилима Т., Тулебекова А.С., Казкеев А.Б.
ҰСАҚ САЛЫНҒАН ІРГЕТАСТАР ҮШІН ТЕРРАГАНЫҢ КӨТЕРУ ҚАБІЛЕТІНІҢ
КОЭФФИЦИЕНТТЕРІ БОЙЫНША СЫЗЫҚТЫҚ ИНТЕРПОЛЯЦИЯНЫҢ ТИІМДІЛІГІ…….. 515
Оспанов Р.М., Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б.
SPONGE КРИПТОГРАФИЯЛЫҚ ХЕШ-ФУНКЦИЯСЫН ҚҰРУ СХЕМАСЫН
МОДИФИКАЦИЯЛАУ..... 520
Аширбаев Н.К., Аширбаева Ж.Н., Сұлтанбек Т.С., Абжапбаров А., Алтынбеков Ш.Е.
СЕРПІМДІ БІРТІРЕКТІ КОНСТРУКЦИЯДАҒЫ СТАЦИОНАР ЕМЕС
КЕРНЕУЛІК ТОЛҚЫНДАРДЫҢ ТАРАЛУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ..... 525
Адамбаев М.Д., Бижанова А.С., Джулаева Ж.Т
ЕКІ САТЫЛЫ ҚҰРҒАҚ ҰНТАҚТАУ ҮРДІСІНІҢ АВТОНОМДЫ ЕКІ САТЫЛЫ
АВТОМАТТАНДЫРЫЛҒАН РЕТТЕУ ЖҮЙЕСІН (АРЖ) СИНТЕЗДЕУ..... 532
Кадирова Ж.Б., Ташенова Ж.М., Чекеев А.А.
ТОПЫРАҚТЫҢ ЫЛҒАЛДЫЛЫҒЫН АНЫҚТАУДЫҢ МОДЕЛІН ҚҰРУДА
МАТЕМАТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРДІ ТАЛДАУ..... 540
Кегенбеков Ж.К., Абылгазин Д.Д.
БАТЫС ЕУРОПА-БАТЫС ҚЫТАЙ БАҒЫТЫ БОЙЫНША ТРАНЗИТТІК КОНТЕЙНЕРЛІК
ПОЕЗДАРДА ЖҮКТЕРДІ ТАСЫМАЛДАУ КЕЗІНДЕ САҚТАЛУЫН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ..... 543
Смайлов Н.К., Базарбай А., Арыстанбекұлы Мухтар, Жетписбаева А.
ТЕНЗОДАТЧИКТЕР НЕГІЗІНДЕГІ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЫ:
ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫ МЕН ҚОСЫМШАЛАРҒА ШОЛУ ЖАСАУ..... 550
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А, Кабдолдина А.О., Кошкинбаева М.Ж.
АРАЛАС ҚЫСЫМ ЖӘНЕ ТЕМПЕРАТУРА ДАТЧИКТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІ МЕН
ҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕРІН ӘЗІРЛЕУ..... 554
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А., Кабдолдина А.О., Маликова Ф.У.
АРАЛАС ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ҚЫСЫМ ЖӘНЕ ТЕМПЕРАТУРА ДАТЧИГІ..... 559
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Байгулбаева М.М., Ожикен А.К.
ҒАРЫШ ИНФРАҚҰРЫЛЫМЫ ҮШІН ҚЫСЫМ МЕН ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ
ОПТОТАЛШЫҚТЫ БІРІКТІРІЛГЕН ДАТЧИКТЕРІНІҢ ҚҰРЫЛЫМДАРЫН ӘЗІРЛЕУ..... 563

Физика-математика ғылымдары

Турсынгалиева Г. Н., Сагиндыкова К.М., Конырханова А.А.
БАҒДАРЛАМАЛЫҚ ТІЛДІҢ КӨМЕГІМЕН ЭТНИКАЛЫҚ ТОПТАРДЫҢ ӨЗАРА 569
ӘРЕКЕТТЕСУІНІҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ……...
Аубакиров С.С., Әбенов Ж. Қ.
ГРАФТАРДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ АЛГОРИТМДЕРІН ЖӘНЕ ҚҰРАЛДАРЫН ТАЛДАУ
ЖӘНЕ ГРАФТАРДЫ ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ ҚҰРАЛЫН ӘЗІРЛЕУ..... 574
Исрашова С., Муханова А., Исмашова А., Маханов М.
ПЕТРИ ЖЕЛІЛЕРІ ТЕОРИЯСЫН БИЗНЕС-ПРОЦЕСТЕРДІ ТЕКСЕРУ ҮШІН ҚОЛДАНУ..... 582
Касенова Л.Г., Сатаев Б.О.
ЭЛЕКТРОМАГНИТТІК ӨРІС ҮШІН ШЕКАРАЛЫҚ ШАРТТАР…….. 586
Кулакова Е., Сулейменов Б.
ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ БАЙЫТУ ПРОЦЕСТЕРІН БАСҚАРУДЫҢ ИНТЕЛЛЕКТУАЛДЫ ЖҮЙЕСІНІҢ
БІЛІМ БАЗАСЫН САРАПТАМАЛЫҚ АҚПАРАТТЫ ӨҢДЕУ ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУМЕН ҚҰРУ... 590
Айтжанов, Р. Немкаева, Гусейнов Н., Мухаметкаримов Е.
ВАКУУМДЫ СТЕХИОМЕТРИЯЛЫҚ БАЛҚЫТУ АРҚЫЛЫ E-INSE ЕКІ ӨЛШЕМДІ
НАНОКРИСТАЛДАРЫН АЛУ……... 597

Бурибаев Ж., Меретбаев Т., Ешмухаметов А., Амиргалиев Е.
АВТОМАТТЫ ЕГІН ЖИНАУ ҮШІН СТЕРЕО КӨРУ АРҚЫЛЫ ОБЪЕКТІНІҢ КООРДИНАТТАРЫН АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ЕСЕПТЕУ…….. 602
Бисаринов Б.Ж., Бисаринова А.Т.
ПАЙДАЛЫ ЖӘНЕ ЗИЯНДЫ ДЕРЕКТЕР АҒЫМЫН K-MEANS ЖӘНЕ K-MEANS ++ КЛАСТЕРЛІК АЛГОРИТМДЕР НЕГІЗІНДЕ, BIG DATA ТЕХНОЛОГИЯСЫН ПАЙДАЛАНА ОТЫРЫП ӨҢДЕУ ЖӘНЕ ТАЛДАУ 608
Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Мамедова М.Р., Нурмуханова А.З.
ТУРБУЛЕНТТІ ЖАНУДЫ САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ ШАҢКӨМІР АЛАУЫ..... 612
Джомартова Ш., Карымсакова Н., Абдиев Б.
АВТОМАТТЫ МАНИПУЛЯТОРДЫҢ БАҚЫЛАУ ЖҮЙЕСІ ҮШІН БАСҚАРУ КРИТЕРИЙІ..... 615
Дюсенбаев Д.С., Алғазы К.Т., Сақан Қ.С.
«AL01» ЖӘНЕ «QAMAL» ШИФРЛЕУ АЛГОРИТМДЕРІН АЛГЕБРАЛЫҚ КРИПТОТАЛДАУ НЕГІЗІНДЕ ЗЕРТТЕУ..... 620
Калимолдаев М., Тынымбаев С., Әлмен Д., Сқабылов Ә.Ә.
БЕРІЛГЕН ЕКІЛІК ПОЛИНОМНЫҢ ӨТКІЗГІШТІКСІЗДІГІН ТЕКСЕРУ АЛГОРИТМІН ПЛИС НЕГІЗІНДЕ ОРЫНДАУ..... 629
Масин М.Н., Алдияров А.У.
АЗОТ КРИОМАТРИЦАСЫНДАҒЫ ЭТАНОЛДЫҢ ТЕРБЕЛМЕЛІ СПЕКТРІНЕ КРИОКОНДЕНСАЦИЯ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ӘСЕРІН ЗЕРТТЕУ..... 635
Назарова К. Ж., Усманов Қ. Ы., Еркишева Ж. С.
ИМПУЛЬСТІ ШЕТТІК ШАРТТЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІНІҢ БІР ДЕРБЕС ЖАҒДАЙЫНЫҢ БІРМӘНДІ ШЕШІМДІЛІГІ..... 639
Оспанов Р.М., Сейтқұлов Е.Н.
«SPONGE» КРИПТОГРАФИКАЛЫҚ ХЕШ ФУНКЦИЯЛАРЫНЫҢ ҚҰРУ СХЕМАСЫ ҮШІН ІШКІ ФУНКЦИЯНЫ ДАМЫТУ ӘДІСТЕРІ ТУРАЛЫ..... 645
Ахметсадык Д.С., Гусейнов Н.Р., Тулегенова М.А., Ильин А.М., Билл Г.
МЫС МЕН НИКЕЛЬ БЕТІНДЕГІ ФУНКЦИОНАЛДЫ ГРАФЕН НАНОҚҰРЫЛЫМДАРЫН ЭЛЕКТРОФОРЕТИКАЛЫҚ ТҰНДЫРУ..... 650
Тұрысбекова Ү.Қ.
АҚЫРЛЫ ӨРІСТЕРДЕГІ КӨПМҮШЕЛІКТЕР НЕГІЗІНДЕ ХЕШ - ФУНКЦИЯЛАРДЫ ЗЕРТТЕУ..... 656
Ускенбаева Р.К., Куандыков А.А., Нуралыкызы С.
БИЗНЕС-ҮРДІСТЕРДЕ ШЕШІМДЕР ҚАБЫЛДАУ ҮШІН ПІКІРЛЕРДІ ӨҢДЕУДІҢ ӘДІСТЕРІН ЖАСАУ..... 661
Усманов Қ.И., Назарова К.Ж., Жаппар А.С.
ИМПУЛЬСТЫ ШЕТТІК ШАРТТЫ ПАРАМЕТРЛІ ИНТЕГРАЛДЫҚ–ДИФФЕРЕНЦИАЛДЫҚ ТЕҢДЕУЛЕР ЖҮЙЕСІН ПАРАМЕТРЛЕУ ӘДІСІМЕН ШЕШУ..... 665
Ысмағұл Р.С., Нурушева Д.М.
МАТЕМАТИКА САБАҒЫНДА ОҚУШЫЛАРДЫҢ ШЫҒАРМАШЫЛЫҚ ҚАБІЛЕТТЕРІН ДАМЫТУҒА АРНАЛҒАН СТАНДАРТТЫ ЕМЕС ЕСЕПТЕРДІ ШЕШУ..... 671
Куандыков А.А., Мукажанов Н.К., Толегенов А.М.
АҚПАРАТТЫҚ-ЛОГИСТИКАЛЫҚ ЖҮЙЕНІҢ ДЕРЕКТЕР АҒЫНЫ..... 675
Смайлов Н.К, Оразбеков Е.А., Уалиев Ж.Р., Көшкінбаев С.Ж, Кабдолдина А.О, Байгулбаева М.М.
ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ШЕШІМДЕРДІ ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ РҰҚСАТ ЖЕЛІЛЕРІН ҚҰРУ ӘДІСТЕРІ..... 680
Кемельбекова Ж.С., Сембиев О. З., Умарова Ж.Р. Кожабекова А.Е.
АСИНХРОНДЫ ЖЕЛІ РЕСУРСТАРЫН ОҢТАЙЛЫ БӨЛУ АЛГОРИТМІН ӘЗІРЛЕУ..... 684

Химия-металлургия ғылымдары

Ақмалайұлы К., Төлегенова А.
БЕТОНҒА АРНАЛҒАН КЕШЕНДІ ХИМИЯЛЫҚ ҚОСПА..... 692
Аканова Г.Ж., Исмаилова А.Г., Камысбаев Д.Х.
СИРЕК ЖЕР МЕТАЛДАРЫН БӨЛІП АЛУ ТӘСІЛДЕРІ..... 695
Арбуз А., Лутченко Н., Панин Е., Лепсибаев А., Магжанов М.
ZR-1% NB ҚОРЫТПАСЫНЫҢ РАДИАЛДЫ-ЫҒЫСУ ТАПТАМАСЫН МОДЕЛЬДЕУ ҮШІН АЭӘ ҚОЛДАНУ..... 701

Атчибаев Р.А., Яр-Мухамедова Г.Ш.
АНТИ-КОРРОЗИЯЛЫҚ НАНОКОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ЭЛЕКТРЛИТТІК CR-C-SIO2
ЖАБЫНДАРДЫН МОРФОЛОГИЯСЫ МЕН МИКРОҚАТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ 708
Бердіқұлова Ф.А., Ихласова А.Т.
ҚОРҒАСЫНДЫ ҚОЙЫРПАҚТАН РЕНИЙДІ БӨЛІП АЛУ ҮРДІСІН ЗЕРТТЕУ..... 714
Букаев Е.З, Кенжетаев Г.Ж, Серикбаева А.К, Муталибова Г.К.
ӘКТАС-ҰЛУТАС ҚАЛДЫҚТАРЫНАН ҚАБЫРҒА ТАСЫН ӨНДІРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ..... 719
Кедрук Е.Ю., Айтжанов М.Б., Гриценко Л.В., Абдуллин Х.А.
СИНТЕЗ ТЕМПЕРАТУРАСЫНЫҢ ZNO/CUO НАНОКОМПОЗИТТЕРІНІҢ
ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ..... 729
Ким А.С., Акбердин А.А., Султангазиев Р.Б.
БАЗАЛЬТ АҒЫНДАРЫНЫҢ ҚОЖ ТҮЗІЛУ ПРОЦЕСТЕРІНЕ ЖӘНЕ КӨМІРТЕКТІ
ФЕРРОХРОМ ҚОЖДАРЫНЫҢ ФИЗИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ 735
Қошқарбаева Ш.Т., Альсейт А.К., Аманбаева К.Б., Абдуразова П.А., Ескендирова М.М.
БОЛАТ ҮЛГІЛЕРІНДЕ ФЕРРОФОСФОР ҰНТАҒЫН ЕНГІЗУ АРҚЫЛЫ
КОМПОЗИЦИЯЛЫҚ ҚАПТАМА АЛУ..... 741
Сатаев М.С., Абжалов Р.С., Абдуразова П.А., Қошқарбаева Ш.Т., Аманбаева К.Б.
ДИЭЛЕКТРЛІ БЕТТЕРДЕ АНТИБАКТЕРИАЛДЫ МЫСҚҰРАМДЫ
НАНОҚАБЫҚШАЛАРДЫ АЛУ..... 747

Әскери ғылымдар

Салий С., Алтынбеков Р., Мухатай А.
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ МЕМЛЕКЕТТІК ШЕКАРАСЫН ҚОРҒАУҒА
ҚАТЫСАТЫН УӘКІЛЕТТІ ОРГАНДАР: ПРОБЛЕМАЛЫҚ АСПЕКТІЛЕР ЖӘНЕ ӨЗАРА
ІС-ҚИМЫЛДЫ ЖЕТІЛДІРУ ЖОЛДАРЫ……..……. 754
Трухан С.Н.
АҚПАРАТТЫҚ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ӘСКЕРИ ЖОО-ДА КУРСАНТТАРДЫҢ КӘСІБИ
ДАЙЫНДЫҒЫ..... 761

СОДЕРЖАНИЕ

Науки о Земле

Жақып А.Е., Мирлас В.М., Ауелхан Е.С.
ОПАСНЫЕ ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ НА ТЕРРИТОРИИ АЛМАТИНСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ..... 3
Бекетова А.Т., Берденов Ж.Г., Илиеш Д.К., Джаналеева Г.М., Мендыбаев Е.Х., Илиеш А.
ОСОБЕННОСТИ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ РЕКИ ЖАЙЫК (В ПРЕДЕЛАХ КАРГАЛИНСКОГО РАЙОНА АКТЮБИНСКОЙ ОБЛАСТИ)..... 10
Абетов А.Е., Муканов Д.Б.
КАЗАХСТАНСКИЙ КОДЕКС ПУБЛИЧНОЙ ОТЧЕТНОСТИ О РЕЗУЛЬТАТАХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ, РЕСУРСАХ И ЗАПАСАХ НЕФТИ И ГАЗА – ИНТЕГРАЦИЯ В МЕЖДУНАРОДНОЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ СООБЩЕСТВО..... 17
Айдосов А., Баямирова Р. У. , Тогашева А.Р., Жолбасарова А.Т., Кунаева Г.Е., Исламбердиев Ж.А., Шиланбаев Б.А.
ОЦЕНКА ЭКОЛОГО - ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА И АНАЛИЗ ДИНАМИКИ КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПО РЕСПУЛБИКЕ КАЗАХСТАН НА ПРИМЕРЕ ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 23
Айдосов А., Мусина У.Ш., Баямирова Р.У., Тогашева А.Р., Жолбасарова А.Т., Кунаева Г.Е.
ОЦЕНКА ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ, ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ В ДИНАМИКЕ ПО РЕСПУЛИКЕ КАЗАХСТАН И ЮЖНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ..... 31
Исмагулова С.М., Саипов А.А., Дмитриев П.С.
ГЕОГРАФИЯ МЕЖРЕГИОНАЛЬНЫХ МИГРАЦИОННЫХ СВЯЗЕЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ..... 44
Тайжанова М.М., Дмитриев П.С., Конырбаев Е.Г.
ТУРИСТКО-РЕКРЕАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ СЕВЕРО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ..... 50
Нурпейсова А.М., Сапаров К.Т., Егинбаева А.Е.
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ТОПОНИМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ КОСТАНАЙСКОЙ ОБЛАСТИ..... 56
Сергеева А.М., Кошим А.Г., Сапаров К.Т.
РЕКРЕАЦИОННО-ГЕОМОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ КАСПИЙСКОГО МОРЯ И ЕГО ПОБЕРЕЖЬЯ..... 62
Байботаева А.Д., Кенжалиева Г.Д., Кочеров Е.Н., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.
БИОТЕСТИРОВАНИЕ СОСТОЯНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА ГОРОДСКОЙ СРЕДЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ДОЖДЕВЫХ ЧЕРВЕЙ..... 72
Калыбеков Т., Рысбеков К.Б., Сандибеков М.Н., Жакыпбек Ы., Әбен А.С.
ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИЕЙ НАРУШЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ..... 77
Макыжанова А.Т., Шаугимбаева Н.Н., Каташева А.Ч.
БИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВОДНЫХ СИСТЕМ ОТ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ..... 82

Технические науки

Баямирова Р.У., Тогашева А.Р., Жолбасарова А.Т., Бисенгали М., Кунаева Г.А. Кулиев М.Ю., Ш.И. Бөрібек
ОБЕССОЛИВАНИЕ НЕФТЕКОНДЕНСАТНОЙ СМЕСИ С УЧЕТОМ ОСЛОЖНЯЮЩИХ ФАКТОРОВ..... 88
Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.
ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ..... 94
Султанқулов Е. Қ., Нурланбек А. Д., Калиев Ж. Ж., Тойгожинова А. Ж.
ВРЕМЕННАЯ МОДЕЛЬ ЛИНИИ МЕТРОПОЛИТЕНА ПРИ СБОЯХ..... 98
Рахимова Д., Турарбек А., Карюкин В., Карибаева А., Турганбаева А.
ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ МАШИННОГО ПЕРЕВОДА ДЛЯ КАЗАХСКОГО ЯЗЫКА..... 103
Жұмахан Н.С.
ОБНАРУЖЕНИЕ МОРГАНИЯ ГЛАЗ С ПОМОЩЬЮ OPENCV, PYTHON И DLIB..... 110

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абдикаримов А.К.
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ НАГРУЗОК В КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЯХ ЭЛЕМЕНТОВ КОТЛО-ТУРБИННОГО ОБОРУДОВАНИЯ…… 113
Дюрягина А.Н., Луценко А.А., Тюканько В.Ю.
ПРИМЕНЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНО-МИКРООПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДЛЯ АНАЛИЗА ДИСПЕРГИРУЮЩЕГО ДЕЙСТВИЯ ПОЛИМЕРНЫХ МОДИФИКАТОРОВ……. 119
Наурызбаев А.Е., Мухамедрахимова Г.И., Абдраимова Г.С., Кансейтова Б.З.
ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ ТЕХНОЛОГИИ LORAWAN..... 125
Абеков У.Е., Демин В.Ф.
КРЕПЛЕНИЯ КОНТУРОВ ВЫРАБОТОК В НЕУСТОЙЧИВЫХ ГОРНЫХ ПОРОДАХ……. 130
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Абилов А.Р.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МАТЕРИАЛА ПОРИСТЫХ ПОКРЫТИЙ НА ТЕПЛООБМЕН……. 135
Адамбаев М.Д., Бижанова А.С.
РАЗРАБОТКА И ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ДВУХКОНТУРНОЙ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОМ ДВУХСТАДИАЛЬНОГО ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ…… 142
Азамат Р.М., Жуматова Ш.А., Ханиев Б.А., Дәрменқұлова М.Б., Сагидолда Е.
РАЗРАБОТКА ГАЗОВЫХ СЕНСОРОВ НА ОСНОВЕ ПОРИСТОГО КРЕМНИЯ…… 149
Айкумбеков М.Н., Камзина А.Д., Кобдиков М.А., Сарбаев С.Ш., Аримбекова П.М.
БИЗНЕС-МОДЕЛИ В УПРАВЛЕНИИ ГРУЗОВЫМИ ПЕРЕВОЗКАМИ НА СТАНЦИИ АЛТЫНКОЛЬ…… 155
Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Айтмагамбетов А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ КРИЗИСА ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ И ПРЕДЕЛЬНОГО СОСТОЯНИЯ ТЕПЛООБМЕННОЙ ПОВЕРХНОСТИ, ПОКРЫТОЙ КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОЙ СРЕДОЙ……. 159
Алимова М.А., Жексебай Д.М., Ибраимов М.К.
ЭНТРОПИЙНЫЙ АНАЛИЗ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ПРОСТРАНСТВЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ЗАШУМЛЕНИЯ……. 166
Алханова Г.А., Жузбаев С. С.
МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НА ОСНОВЕ СЕМАНТИЧЕСКОЙ СЕТИ..... 169
Амангелді Н., Кудубаева С.Ә.
МЕТОДЫ ВЫДЕЛЕНИЯ СВЯЗАННЫХ ОБЛАСТЕЙ И КОРРЕЛЯЦИОННОГО АНАЛИЗА ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ФРАЗ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА..... 172
Амангельды Н., Кудубаева С.А.
ОБЗОР ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОГО ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ…… 177
Амиргалиев Е.Н., Едилхан Д., Куанышбай Д.Н., Баймуратов О.
ОБ ОДНОМ УЛУЧШЕННОМ ПОДХОДЕ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАСПОЗНАВАНИЯ КАЗАХСКОЙ РЕЧИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТРАНСФЕРНОГО ОБУЧЕНИЯ……... 183
Амиргалиев Е.Н., Кунелбаев М.М., Едилхан Д., Иржанова А.А., Ауелбеков О.А., Катаев Н.С., Даулбаев С.М.
РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-ПРОБНОГО ОБРАЗЦА СОЛНЕЧНОЙ УСТАНОВКИ ДВОЙНОЙ ЦЕПИ……. 189
Амиргалиев Е., Крак Ю., Мерембаев Т., Кеншимов Ч., Бармак О., Манзюк Э.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КЛАССИФИКАЦИИ НА ОСНОВЕ ОСОБЕННОСТЕЙ СОКРАЩЕНИЯ ДАННЫХ И МЕТОДОВ ПУНКТИВНОГО ЛИНЕЙНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ…… 199
Асанов А.А., Каспакбаев К.С., Устемирова Р.С., Карпов А.П.
МОДЕРНИЗАЦИЯ ЛОКОМОТИВА С ЦЕЛЬЮ УЛУЧШЕНИЯ ЕГО ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК…….. 207
Конакбай З.Е., Асильбекова И.Ж., Абжапбарова А.
IT ТЕХНОЛОГИИ В АВИАЦИИ…… 215
Асильбекова И.Ж., Калиева К., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.
РИСКИ В ЛОГИСТИКЕ И СПОСОБЫ ИХ МИНИМИЗАЦИИ…… 219
Ахмедов Д.Ш., Богуспаев Н.Б., Раскалиев А.С., Мурзалиев А.Т., Мелешкина И.В.
РАЗРАБОТКА ТРЕБОВАНИЙ К МАКЕТНОМУ ОБРАЗЦУ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ СЛАБОСВЯЗАННОЙ ИНТЕГРАЦИИ СПУТНИКОВО-ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРТОГОНАЛЬНОГО UD-ФИЛЬТРА КАЛМАНА…… 226
Байкенов Н.А., Еминалинова М.Р., Жаниенов Д.Б., Муканова А.К., Нұрмағанбетов А.Ж.
МОДЕЛИ ПРЕДПРОИЗВОДСТВА В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНОЙ ЭКОНОМИКИ И МЕРЫ ПО ИХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ…… 230

Бердимурат А.Д., Хазимов К.М., Сагындыкова Ж.Б., Идрышев К.Ж., Урмашев Б.А., Хазимов М.Ж.
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ВОДОГРЕЙНОГО КОТЛА КВТС-0,2 ПРИ ПОЛНОСЛОЙНОМ СЖИГАНИЯ УГЛЯ..... 234
Бисаринова А., Киселева О., Мамырова А.
ИНТЕГРАЦИЯ СЕТЕЙ СВЯЗИ 5G С ИНТЕРНЕТОМ ВЕЩЕЙ. СТАНОВЛЕНИЕ КОНВЕРГЕНТНОЙ ЭКОСИСТЕМЫ 5G-IOT…… 240
Бримжанова С.С., Атанов С.К., Молдамурат Х., Байхадамова З.М.
КОМПОНЕНТЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ И КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ…….. 243
Булатов Н.К., Оразов О.Ш., Булатова Ж.Т., Ахметжанова А.Б.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО СООТНОШЕНИЯ АЭРОБНЫХ И АНАЭРОБНЫХ ПОТОКОВ НА ОПЫТНОМ ОБРАЗЦЕ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ…… 248
Булатов Н.К., Касымжанова К.С., Булатова Ж.Т., Мукашев А.А.
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЫХОДНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ С ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ЦИРКУЛЯЦИИ БИОМАССЫ…….. 255
Булатов Н.К., Касымжанова К.С., Оразов О.Ш., Булатова Ж.Т.
ВЫЯВЛЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА НА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ С ОПТИМАЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ И ЦИРКУЛЯЦИИ БИОМАССЫ…… 263
Булатов Н.К., Аятхан М.А., Булатова[1]Ж.Т., Ахметжанова А.Б.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ И ИНЖЕНЕРНЫЕ ИСПЫТАНИЯ ОПЫТНОГО ОБРАЗЦА БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКИ…… 271
Дайырбаева Э.Н., Мурзин Ф.А., Тойгожинова А.Ж., Липская М.А.
МЕТОДЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ СТРИП-МЕТОДА В ОБРАБОТКЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ..... 279
Сандибек Д.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДА ПРОЕКТИРОВАНИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ АГЕНТСТВА АЭРОПОРТА…….. 284
Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Нуралина А.К.
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ЛОГИСТИКИ……. 289
Ескожанова Н.Г., Нуржаубаев М.М., Тилемисова А.А., Саукенова И.К.
ЛОГИСТИКА МАРШРУТОВ ПЕРЕВОЗОК ПРИ СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ……. 292
Жабаев Т.Р., Тукеев У.А.
СИМПЛИФИКАЦИЯ ТЕКСТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SEQUENCE TO SEUENCE МОДЕЛЕЙ….. 294
Жаксылык Р.У.
МЕТОДЫ РАСПОЗНАВАНИЕ РЕЧЕВЫХ ЭМОЦИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 298
Досжанова А.А., Зтелеу Ш.С., Заманғалиева Ш.Ш.
МОДЕЛЬ И АЛГОРИТМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РАСПОЗНАВАНИЯ КИБЕРАТАК В ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЕ…….. 302
Айдарова С., Шарипова А., Исаева А., Султанбеккызы Д., Исахов М., Бабаев А.
ИЗУЧЕНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕЖФАЗНОГО НАТЯЖЕНИЯ КАЗЕИНАТА НАТРИЯ И ХИТОЗАНА НА ГРАНИЦЕ С МАСЛОМ…… 306
Исембергенов Н.Т., Абдикул Т.
ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНЗИСТОРНОГО ИНВЕРТОРА ДЛЯ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ…… 312
Исембергенов Н.Т., Искакова А.Ж.
ИССЛЕДОВАНИЕ ИНВЕРТОРНОГО СТАБИЛИЗАТОРА НАПРЯЖЕНИЯ…….. 316
Исраилова С., Муханова А., Исмаилова А., Маханов М.
ИССЛЕДОВАНИЕ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА ТЕМПЕРАТУРНОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ОХЛАЖДАЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ТЕРМОБОКСА С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ…… 321
Кочеров Е.Н., Макулбекова Г.О., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д., Бегимбетова А.С.
ВЛИЯНИЕ БУРОГО УГЛЯ НА ВСПУЧИВАЕМОСТЬ КЫНГЫРАК-КЕЛЕССКИХ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН…… 325
Казангапова Б.А.
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗЛИЧНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ……. 330
Калижанова А.У., Кемельбекова И.М., Нурсеит Н.Н., Мустафаева А.А.
ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ…….. 333

Камен Б.К.
РОБОТЕХНИКА В ОБЛАСТИ ОБРАЗОВАНИЯ В КАЗАХСТАНЕ:
ОПЫТ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ..... 341
Кашкимбаева Н.М., Калдарова М.Ж.
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ДАТЧИКОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА……. 343
Жанибек Казыбек би Галымулы
РАЗРАБОТКА БАЗЫ ЗНАНИЙ И ПРОГРАММЫ ОБОЛОЧКИ ДЛЯ АНАЛИЗА
АНОМАЛИЙ И КИБЕРУГРОЗ НА СЕТИ ПРЕДПРИЯТИЯ..... 347
Кемельбеков И.М., Смагулов Б.М., Сергазин А.Э., Кошабаев Д.А.
РАЗРАБОТКА ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ
В ВОЗДУХЕ И ОПОВЕЩЕНИЯ ПУТЕМ PUSH-НОТИФИКАЦИЙ……. 352
Кенжебек Е.Ғ., Иманкулов Т.С., Ахмед-Заки Д.Ж.
ПРЕДСКАЗАНИЕ ДОБЫЧИ НЕФТИ МЕТОДОМ ПОЛИНОМИАЛЬНОЙ РЕГРЕССИИ……. 358
Кеншимов Ш., Крак Ю., Амиргалиева Ж., Кондратюк С., Айтимов А.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ
ЗНАКОВ ЖЕСТОВОГО ЯЗЫКА..... 364
Киселева О.В., Мараткызы К.
ОБЗОР И СРАВНЕНИЕ БЕСПРОВОДНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ……. 372
Мараткызы К., Киселева О., Сейдахметова Г., Заманова С., Есимова Ж.
ГЕТЕРОГЕННЫЕ СЕТИ 5G ДЛЯ ПОДДЕРЖКИ ИНДУСТРИАЛЬНОГО ИНТЕРНЕТА……... 377
Киселева О.В., Мараткызы К.
ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ И ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТЕЙ IEEE 802.11……. 380
Майгазиев Е.
ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО АНАЛИЗА
РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ……... 385
Мауленов Е.С., Guruler H., Сербин В.В., Маматова Г.У., Бекаулова Ж.М.
КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АДАПТИВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОНЛАЙН
СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ SMART ТЕХНОЛОГИЙ……. 388
Махажанова У.Т., Муханова А.А., Абдикеримова Г.Б.
ФОРМИРОВАНИЕ НАБОРА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОЦЕНКИ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ
ПРЕДПРИЯТИЯ МАЛОГО (СРЕДНЕГО) БИЗНЕСА НА ОСНОВЕ РАЗМЫТОЙ ЛОГИКИ ЗАДЕ..... 395
Мусина Э. Б.
АНАЛИЗ ПРИЧИН И ПРОФИЛАКТИКА ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ТРАВМАТИЗМА
НА ПРИМЕРЕ ЦЕМЕНТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ АО «КАРЦЕМЕНТ»……. 403
Мусиралиева Ш.Ж., Омаров Б.С., Медетбек Ж.Б., Қараман Ғ.Р., Бекетова А.К.
ИДЕНТИФИКАЦИЯ СООБЩЕНИЙ, СОДЕРЖАЩИХ ЭЛЕМЕНТЫ ЭКСТРЕМИЗМА В
СОЦИАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ..... 409
Мусиралиева Ш.Ж., Айдын М.Е., Оспанов Р.Қ.
МЕТОД ИДЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ НА ОСНОВЕ ДРУЖЕСКИХ СВЯЗЕЙ И
ДЕМОГРАФИЧЕСКИХ АТРИБУТОВ В СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЯХ…… 416
Мухамеджанова Д.
ЗАЩИТА ПЕРСОНАЛЬНЫХ ДАННЫХ В ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ
ОБЕЗЛИЧИВАНИЯ..... 421
Нұрланбек А.Д., Султанкулов Е.К., Тойгожинова А.Ж., Калиев Ж.Ж.
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ПОЕЗДОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ГОРОДА АЛМАТЫ..... 426
Оразбаев К.Н., Боранбай М.Р., Кабасова Ж., Абенова Д.К., Естаева Д.К., Мусина Э.Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВОПРОСОВ ПОВЫШЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ
ВОЗДУШНЫХ ЛИНИЙ ЭЛЕКТРОПЕРЕДАЧ..... 430
Рысмендеева Г.С.
РАЗРАБОТКА ВИЗУАЛЬНЫХ МОДЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИНЯТИЯ
РЕШЕНИЙ В ПРОЦЕССЕ УПРАВЛЕНИЯ АКТИВАМИ ФИЗИЧЕСКИХ ЛИЦ…….. 434
Айнабекова С.С., Шеров К.Т., Мусаев М.М., Габдысалык Р., Иманбаев Е.Б.
ИССЛЕДОВАНИЕ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ГЕОМЕТРИИ ДИСКОВОЙ ПИЛЫ
ДЛЯ ТЕРМОФРИКЦИОННОЙ ОТРЕЗКИ МАЛОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ……. 440
Салыкова О., Иванова И., Салыков Б.
ЭФФЕКТИВНОЕ ОБУЧЕНИЕ ГЛУБОКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ ДЛЯ
РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ…….. 446
Сатыбалдиева Ф., Бейсембекова Р., Сарибаев А., Култас А.
РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ МАКСИМАЛЬНОЙ МОЩНОСТИ СИСТЕМЫ СЛЕЖЕНИЯ
СОЛНЕЧНОЙ ЭНЕРГИИ НА БАЗЕ ФОТОПАНЕЛИ..... 451

Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б., Арапов М.К., Сатыбалдина Д.Ж.
БЕЗОПАСНЫЙ АУТСОРСИНГ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ…….. 458
Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ КАВИТАЦИИ НА ИЗНОС ЦЕНТРОБЕЖНЫХ ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ…… 464
Сейтханов А.М., Поветкин В.В., Букаева А.З.
ИЗНОС ГРУНТОВЫХ НАСОСОВ ПРИ ГИДРОАБРАЗИВНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ И ВАРИАЦИИ ЕГО СНИЖЕНИЯ……. 471
Хожанепесова Ф., Серикбаева А.
ИЗУЧЕНИЕ НЕФТЕОКИСЛЯЮЩЕЙ АКТИВНОСТИ ИММОБИЛИЗОВАННЫХ МИКРООРГАНИЗМОВ-ДЕСТРУКТОРОВ НА МИНЕРАЛЬНЫЕ НОСИТЕЛИ…… 478
Макулбекова Г.О., Кочеров Е.Н., Пивоваров А.А., Кенжалиева Г.Д., Мамитова А.Д.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА СОВМЕСТНОЙ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН КЫНГЫРАК-КЕЛЕССКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ И ЗОЛЫ ТЭС С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ И ПОЖАРОБЕЗОПАСНЫХ КЕРАМОГРАНУЛЯТОВ…… 481
Муханова А.А., Идрисова И.А., Исмаилова А.А., Маханов М.
МОДЕЛЬ РЕАГИРОВАНИЯ НА ИНЦИДЕНТЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ..... 486
Нужнов Ю.В., Ембергенова Д.Б.
О ПЕРСПЕКТИВАХ СТАТИСТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ….. 490
Смакова Н.С., Шеров К.Т., Смирнов Ю.М., Мусаев М.М., Габдысалык Р.
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РОТАЦИОННОГО ТОЧЕНИЯ ДЕТАЛИ «ШТОК» ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ВИБРАЦИОННОГО МОДУЛЯ…… 495
Канаев А.Т., Баймырзаев К.М., Валиев Х.Х., Бугубаева А.У., Токпаев К.М.
ПОДГОТОВКА И ПРОВЕДЕНИЕ МАСШТАБНЫХ ЛАБОРАТОРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ И БИОХИМИЯ СБАЛАНСИРОВАННЫХ РУД, СОДЕРЖАЩИХ УРАНОВЫЕ МАСЛА..... 501
Тугельбаева Г.К.
НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРУЕМОЕ СОСТОЯНИЕ УПРУГОГО СЛОЯ С ПОЛОСТЬЮ НА ЖЕСТКОМ ОСНОВАНИИ……. 508
Утепов Е.Б., Мкилима Т., Тулебекова А.С., Казкеев А.Б.
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ ПО КОЭФФИЦИЕНТАМ НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ ТЕРЗАГИ ДЛЯ ФУНДАМЕНТОВ МЕЛКОГО ЗАЛОЖЕНИЯ……. 515
Оспанов Р.М., Сейткулов Е.Н., Арапов Н.К., Ергалиева Б.Б.
МОДИФИКАЦИЯ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ХЕШ-ФУНКЦИЙ SPONGE…. 520
Аширбаев Н.К., Аширбаева Ж.Н., Сұлтанбек Т.С., Абжапбаров А., Алтынбеков Ш.Е.
ОСОБЕННОСТИ НЕСТАЦИОНАРНОГО НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ В УПРУГОЙ ОДНООПОРНОЙ КОНСТРУКЦИИ..... 525
Адамбаев М.Д., Бижанова А.С., Джулаева Ж.Т.
СИНТЕЗ АВТОНОМНОЙ ДВУХСТУПЕНЧАТОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РЕГУЛИРОВАНИЯ (АРС) ПРОЦЕССА ДВУХСТУПЕНЧАТОГО СУХОГО ПОМОЛА..... 532
Кадирова Ж.Б., Ташенова Ж.М., Чекеев А.А.
АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ..... 540
Кегенбеков Ж.К., Абылгазин Д.Д.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАННОСТИ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ГРУЗОВ НА ТРАНЗИТНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПОЕЗДАХ ПО МАРШРУТУ ЗАПАДНАЯ ЕВРОПА – ЗАПАДНЫЙ КИТАЙ..... 543
Смайлов Н.К., Базарбай А., , Арыстанбекұлы Мухтар, Жетписбаева А.
ВОЛОКОННАЯ БРЭГГЕВСКАЯ РЕШЕТКА НА ОСНОВЕ ТЕНЗОДАТЧИКОВ: ОБЗОР ТЕХНОЛОГИЙ И ПРИЛОЖЕНИЙ..... 550
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А., Кабдолдина А.О., Кошкинбаева М.Ж.
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ И СТРУКТУР СОВМЕЩЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ..... 554
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Абдыкадыров А.А., Кабдолдина А.О., Маликова Ф.У.
СОВМЕЩЕННЫЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЙ ДАТЧИК ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ..... 559
Смайлов Н.К., Көшкінбаев С.Ж., Уалиев Ж.Р., Байгулбаева М.М., Ожикен А.К.
РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИЙ ОПТОВОЛОКОННЫХ СОВМЕЩЕННЫХ ДАТЧИКОВ ДАВЛЕНИЯ И ТЕМПЕРАТУРЫ ДЛЯ КОСМИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ..... 563

Турсынгалиева Г. Н., Сагиндыкова К.М., Конырханова А.А.
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ЭТНИЧЕСКИХ ГРУПП С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО ЯЗЫКА..... 569
Аубакиров С.С., Әбенов Ж. Қ.
АНАЛИЗ СИЛОВЫХ АЛГОРИТМОВ И ИНСТРУМЕНТОВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФА И РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА ВИЗУАЛИЗАЦИИ ГРАФА…… 574
Исраилова С., Муханова А., Исмаилова А., Маханов М.
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ СЕТЕЙ ПЕТРИ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССОВ..... 582
Касенова Л.Г., Сатаев Б.О.
ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ..... 586
Кулакова Е., Сулейменов Б.
СОЗДАНИЕ БАЗЫ ЗНАНИЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССАМИ ГРАВИТАЦИОННОГО ОБОГАЩЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ ЭКСПЕРТНОЙ ИНФОРМАЦИИ…… 590
Айтжанов М., Немкаева Р., Гусейнов Н., Мухаметкаримов Е.
ПОЛУЧЕНИЕ ДВУМЕРНОГО НАНОКРИСТАЛЛА ε-InSe МЕТОДОМ СТЕХИОМЕТРИЧЕСКОГО СПЛАВЛЕНИЯ В ВАКУУМЕ…….. 597
Бурибаев Ж., Меретбаев Т., Ешмухаметов А., Амиргалиев Е.
ОБНАРУЖЕНИЕ И РАСЧЕТ КООРДИНАТ ОБЪЕКТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СТЕРЕО ЗРЕНИЯ ДЛЯ АВТОМАТИЧЕСКОЙ УБОРКИ УРОЖАЯ…….. 602
Бисаринов Б.Ж., Бисаринова А.Т.
ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ПОЛЕЗНЫХ И ВРЕДНЫХ ТРАФИКОВ НА ОСНОВЕ K-MEANS И K ++ КЛАСТЕРНЫХ АЛГОРИТМОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ BIG DATA ТЕХНОЛОГИЙ..... 608
Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Мамедова М.Р., Нурмуханова А.З.
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНОГО ГОРЕНИЯ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ФАКЕЛА... 612
Джомартова Ш., Карымсакова Н., Абдиев Б.
КРИТЕРИЙ УПРАВЛЯЕМОСТИ ДЛЯ СЛЕДЯЩЕЙ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО МАНИПУЛЯТОРА…….. 615
Дюсенбаев Д.С., Алғазы К.Т., Сақан Қ.С.
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИИ «AL01» И «QAMAL» НА ОСНОВЕ АЛГЕБРАИЧЕСКОГО КРИПТОАНАЛИЗА…….. 620
Калимолдаев М., Тынымбаев С., Әлмен Д., Сқабылов Ә.Ә.
РЕАЛИЗАЦИЯ НА ПЛИС АЛГОРИТМА ПРОВЕРКИ НА НЕПРОВОДИМОСТЬ ДЛЯ ЗАДАННОГО ДВОИЧНОГО ПОЛИНОМА..... 629
Масина М.Н., Алдияров А.У.
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ КРИОКОНДЕНСАЦИИ НА КОЛЕБАТЕЛЬНЫЕ СПЕКТРЫ ЭТАНОЛА В КРИОМАТРИЦЕ АЗОТА……. 635
Назарова К. Ж., Усманов К. Ы., Еркишева Ж.С.
ОДНОЗНАЧНАЯ РАЗРЕШИМОСТЬ ОДНОГО ЧАСТНОГО СЛУЧАЯ СИСТЕМЫ ИНТЕГРО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ С ИМПУЛЬСНЫМИ КРАЕВЫМИ УСЛОВИЯМИ..... 639
Оспанов Р.М., Сейткулов Е.Н.
О СПОСОБАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ВНУТРЕННЕЙ ФУНКЦИИ ДЛЯ СХЕМЫ ПОСТРОЕНИЯ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ХЕШ-ФУНКЦИЙ SPONGE…….. 645
Ахметсадык Д.С., Гусейнов Н.Р., Тулегенова М.А., Ильин А.М., Билл Г.
ЭЛЕКТРОФОРЕТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ФУНКЦИОНАЛИЗИРОВАННЫХ ГРАФЕНОВЫХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ МЕДИ И НИКЕЛЯ…….. 650
Турусбекова У.К.
ИССЛЕДОВАНИЕ ХЕШ-ФУНКЦИЙ НА ОСНОВЕ МНОГОЧЛЕНОВ НАД КОНЕЧНЫМИ ПОЛЯМИ..... 656
Ускенбаева Р.К., Куандыков А.А., Нуралыкызы С.
РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ КОММЕНТАРИЕВ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В БИЗНЕС-ПРОЦЕССАХ…… 661
Усманов Қ.И., Назарова К.Ж., Жаппар А.С.
РЕШЕНИЯ СИСТЕМ ИНТЕГРАЛЬНО-ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ СОДЕРДАЩЕЕ ПАРАМЕТР В УРАВНЕНИЙ С ИМПУЛЬСНЫМ КАЕВЫМ УСЛОВНИЕМ МЕТОДОМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ…… 665
Ысмағұл Р.С., Нурушева Д.М.
РЕШЕНИЕ НЕСТАНДАРТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ РАЗВИТИЯ ТВОРЧЕСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ НА УРОКЕ МАТЕМАТИКИ..... 671

Куандыков А.А., Мукажанов Н.К., Толегенов А.М.
ПОТОКИ ДАННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ…… 675
Смайлов Н.К., Оразбеков Е.А, Уалиев Ж.Р., Көшкінбаев С.Ж., Кабдолдина А.О., Байгулбаева М.М.
МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ СЕТЕЙ ДОСТУПА С ПРИМЕНЕНИЕМ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ..... 680
Кемельбекова Ж.С., Сембиев О. З., Умарова Ж.Р. Кожабекова А.Е.
РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ АСИНХРОННОЙ СЕТИ..... 684

Химико-металлургические науки

Ақмалайұлы К., Толегенова А.
КОМПЛЕКСНАЯ ХИМИЧЕСКАЯ ДОБАВКА ДЛЯ БЕТОНА..... 692
Аканова Г.Ж., Исмаилова А.Г., Камысбаев Д.Х.
СПОСОБЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ МЕТАЛЛОВ..... 695
Арбуз А., Лутченко Н., Панин Е., Лепсибаев А., Магжанов М.
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МКЭ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАДИАЛЬНО-СДВИГОВОЙ ПРОКАТКИ СПЛАВА ZR-1%NB..... 701
Атчибаев Р.А., Яр-Мухамедова Г.Ш.
ИССЛЕДОВАНИЕ МОРФОЛОГИИ И МИКРОТВЕРДОСТИ АНТИКОРРОЗИОННЫХ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ CR-C-SIO2..... 708
Бердикулова Ф.А., Ихласова А.Т.
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕНИЯ ИЗ СВИНЦОВОГО ШЛАМА..... 714
Букаев Е.З., Кенжетаев Г.Ж., Серикбаева А.К., Муталибова Г.К.
ПРОБЛЕМЫ ДОБЫЧИ СТЕНОВОГО КАМНЯ ИЗ ОТХОДОВ ИЗВЕСТНЯКА-РАКУШЕЧНИКА..... 719
Кедрук Е.Ю., Айтжанов М.Б., Грищенко Л.В., Абдуллин Х.А.
ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ СИНТЕЗА НА СВОЙСТВА НАНОКОМПОЗИТОВ ZnO/CuO..... 729
Ким А.С., Акбердин А.А., Султангазиев Р.Б.
ВЛИЯНИЕ БАЗАЛЬТОВЫХ ФЛЮСОВ НА ПРОЦЕССЫ ШЛАКООБРАЗОВАНИЯ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОВ УГЛЕРОДИСТОГО ФЕРРОХРОМА..... 735
Кошкарбаева Ш.Т., Альсейт А.К., Аманбаева К.Б., Абдуразова П.А., Ескендирова М.М.
ПОЛУЧЕНИЕ КОМПОЗИЦИОННОГО ПОКРЫТИЯ ПУТЕМ ВВЕДЕНИЯ ПОРОШКА ФЕРРОФОСФОРА НА СТАЛЕЛИТЕЙНЫХ ОБРАЗЦАХ..... 741
Сатаев М.С., Абжалов Р.С., Абдуразова П.А., Кошкарбаева Ш.Т., Аманбаева К.Б.
ПОЛУЧЕНИЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНЫХ МЕДЬСОДЕРЖАЩИХ НАНОПЛЕНОК НА ДИЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЯХ..... 747

Военное дело

Салий С., Алтынбеков Р., Мухатай А.
УПОЛНОМОЧЕННЫЕ ОРГАНЫ, УЧАСТВУЮЩИЕ В ЗАЩИТЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ГРАНИЦЫ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН: ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ И ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ…….... 754
Трухан С.Н.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ КУРСАНТОВ ВОЕННОГО ВУЗА..... 761

CONTENTS

Earth sciences

Zhakyp A., Mirlas V., Auelkhan E.
HAZARDOUS GEOLOGICAL ENGINEERING PROCCESSES AT THE TERRITORY OF ALMATY AGLOMERATION..... 3
Beketova A.T., Berdenov Zh.G., Ilieş D.C., Dzhanaleeva G.M., Mendybayev E.H., Ilieş A.
FEATURES OF THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN THE FLOODLAND SOILS OF THE ZHAYIK RIVER (IN THE KARGALINSKY DISTRICT OF THE AKTOBE REGION)..... 10
Abetov A., Mukanov D.
KAZAKHSTAN CODE OF PUBLIC REPORTING ON EXPLORATION OIL AND GAS RESOURCES AND RESERVES - INTEGRATION INTO THE INTERNATIONAL GEOLOGICAL COMMUNITY..... 17
Aidosov A., Bayamirova R.U., Togasheva A.R., Zholbasarova A.T., Kunaeva G.E., Islamberdiev Zh.A., Shilanbaev B.A.
ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC SAFETY OF THE INDUSTRIAL REGION AND ANALYSIS DYNAMICS QUALITY OF ATMOSPHERIC AIR IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND ON THE EXAMPLE OF SOUTH KAZAKHSTAN REGION..... 23
Aydossov A., Musina U. Sh., Bayamirova R. Y., Togasheva A. R., Zholbassarova A. T.. Kunayeva G. Y.
ASSESSMENT OF ECOLOGICAL AND ECONOMIC SECURITY BASED ON THE ANALYSIS OF THE STATE OF LAND RESOURCES, PRODUCTION AND CONSUMPTION WASTE IN THE DYNAMICS OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN AND SOUTH KAZAKHSTAN REGION..... 31
Ismagulova S.M., Saipov A.A., Dmitriyev P.S.
GEOGRAPHY OF INTER-REGIONAL MIGRATION RELATIONS OFTHEPAVLODARREGION..... 44
Taijanova Zh.M.M.., Dmitriev Zh.P., Konyrbaev E.
TOURIST AND RECREATIONAL POTENTIAL NORTH KAZAKHSTAN REGION: PROBLEMS AND PROSPECTS OF ITS DEVELOPMENT..... 50
Nurpeisova A.M., Saparov K.T., Eginbaeva A.E.
GEOGRAPHICAL FEATURES OF THE STUDY OF THE TOPONYMIC SYSTEM OF KOSTANAY REGION..... 56
Sergeyeva A.M., Koshim A.G., Saparov K.T.
RECREATIONAL AND GEOMORPHOLOGICAL FEATURESCASPIAN SEA AND ITS COAST..... 62
Baibotaeva A.D., Kenzhalieva G.D., Kocherov E.N., Mamitova A.D., Begimbetova A.
BIOASSESSMENT OF THE SOIL CONDITION OF THE URBAN ENVIRONMENT WITH THE USE OF EARTHWORMS..... 72
Kalybekov T., Rysbekov K., Sandibekov M., Zhakypbek Y., Aben A.
JUSTIFICATION OF THE EFFECTIVENESS OF MANAGEMENT OF DISTURBED LAND RECLAMATION..... 77
Makyzhanova A., Shaugimbayeva N., Katasheva A.
BIOLOGICAL PURIFICATION OF WATER SYSTEMS FROM HEAVY METALS..... 82

Technical Sciences

Bayamirova R.Y.., Togasheva A.R., Zholbassarova A.T., Bissengaliev M., Kunayeva G.Y., Kuliyev M., Boribek S.
DESALINATION OF OIL CONDENSATE MIXTURE TAKING INTO ACCOUNT COMPLICATING FACTORS..... 88
Alimova M.A., Zhexebay D.M., Ibraimov M.K.
ESTIMATING THE QUALITY OF SPATIAL ELECTROMAGNETIC NOISE..... 94
Sultankulov Ye., Nurlanbek A., Kaliyev Zh., Toigozhinova A.
TEMPORARY MODEL OF THE METRO LINE IN CASE OF FAILURES..... 98
Rakhimova D., Turarbek A., Karyukin V., Karibaeva A., Turganbaeva A.
REVIEW OF MODERN TECHNOLOGIES OF MACHINE TRANSLATION FOR THE KAZAKH LANGUAGE..... 103
Zhumakhan N.S.
EYE BLINK DETECTION WITH OPENCV, PYTHON AND DLIB..... 110

Genbach A.A., Bondartsev D.Yu., Abdikarimov A.K.
INVESTIGATION OF THE THERMAL LOADS IN THE CAPILLARY POROUS COATINGS OF THE BOILER AND TURBINE EQUIPMENT ELEMENTS……. 113
Dyuryagina A., Lutsenko A.
THE USE OF COMPUTER-MICROOPTICAL METHOD FOR THE ANALYSIS OF THE DISPERSING EFFECT OF POLYMER MODIFIERS…….. 119
Nauryzbayev A.Y., Mukhamedrakhimova G.I., Abdraimova G.S., Kanseitova B.Z.
RESEARCH OF FEATURES OF THE LORAWAN TECHNOLOGY…….. 125
Dyomin V.F., Abekov U.Y.
SUPPORT OF CONTOURS OF ROADWAYS IN UNSTABLE ROCKS…….. 130
Genbach A.A., Bondartsev D. Yu., Abilov A.R.
STUDY OF INFLUENCE OF MATERIAL OF POROUS COATINGS ON HEAT EXCHANGE……. 135
Adambaev M, Bizhanova A.
DEVELOPMENT AND INDUSTRIAL TESTING OF TWO-CIRCUIT AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR THE TWO-STAGE GRINDING PROCESS…… 142
Azamat R.M., Zhumatova Sh.A., Khaniyev B.A., Darmenkulova M.B., Sagydolda E.
PRODUCTION OF GAS SENSORS BASED ON POROUS SILICON..... 149
Aikumbekov M., Kamzina A., Kobdikov M., Sarbaev S., Arimbekova P.
THE BUSINESS MODEL IN THE MANAGEMENT OF FREIGHT TRANSPORT AT THE STATION ALTYNKOL…….. 155
Genbach A.A., Bondartsev D. Yu., Aitmagambetov A.A.
INVESTIGATION OF THE HEAT TRANSFER CRISIS AND THE LIMIT STATE OF THE HEAT-EXCHANGE SURFACE COVERED WITH CAPILLARY POROUS MEDIUM…….. 159
Alimova M.A., Zhexebay D.M., Ibraimov M.K.
ENTROPY ANALYSIS IN ESTIMATING THE QUALITY OF SPATIAL ELECTROMAGNETIC NOISE……. 166
Alkhanova G.A., Zhuzbaev S.S.
MODEL OF AN AUTOMATED EDUCATIONAL AND METHODOLOGICAL COMPLEX BASED ON A SEMANTIC NETWORK..... 169
Amangeldy N., Kudubaeva S.
METHOD OF DISCRIMINATION OF RELATED FIELDS AND CORRELATION METHOD FOR DETECTION PHRASES IN KAZAKH SIGN LANGUAGE..... 172
Amangeldy N., Kudubaeva S.
OVERVIEW OF THE SUBJECT AREA OF THE KAZAKH GESTURE LANGUAGE RECOGNITION TASK. PROBLEM STATEMENT..... 177
Amirgaliev E., Edilkhan D., Kuanyshbay D., Baimuratov O.
ON ONE IMPROVED APPROACH OF AUTOMATIC RECOGNITION OF KAZAKH SPEECH USING TRANSFER TRAINING…….. 183
Amirgaliyev Y., Kunelbayev M., Yedilkhan D., Irzhanova A., Auelbekov O., Kataev N., Daulbayev S.
DEVELOPMENT OF EXPERIMENTAL-TRIAL PATTERN OF DOUBLE-CIRCUIT SOLAR INSTALLATION…… 189
Amirgaliyev Y., Krak I., Merembayev T., Kenchimov Ch., Barmak O., Manziuk E.
INFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFYING BASED ON THE METHODS OF FEATURES DATA REDUCTION AND PIECEWISE LINEAR SEPARATION…… 199
Asanov A.A. , Kaspakbayev K.S., Ustemirova R.S., Karpov A.P.
MODERNIZATION OF A LOCOMOTIVE IN ORDER TO IMPROVE ITS DYNAMIC CHARACTERISTICS……. 207
Konakbay Z.E., Asilbekova I. Abgapbarova A.
IT TECHNOLOGY IN AVIATION……. 215
Konakbay Z.E., Asilbekova I., Kalieva K, Abgapbarova A.
RISKS IN LOGISTICS AND WAYS TO MINIMIZE THEM……..…… 219
Асильбекова И.Ж., Калиева К., Конакбай З.Е., Абжапбарова А.
DEVELOPMENT OF REQUIREMENTS FOR A PROTOTYPE NAVIGATION SYSTEM BASED ON LOOSELY COUPLED INTEGRATION OF SATELLITE-INERTIAL MEASUREMENTS USING ORTHOGONAL UD KALMAN FILTER…… 226
Baikenov N.A., Yeminalinova M.R., Zhaniyenov D.B., Mukanova A.K., Nurmaganbetov A.Zh.
MODELS OF PRE-PRODUCTION IN A MARKET ECONOMY AND MEASURES TO IMPROVE THEM..... 230
Berdimurat A., Khazimov K., Sagyndykova Zh., Idryshev K., Urmashev B., Khazimov M.
IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE KVTS-0.2 HOT WATER BOILER WITH FULL-LAYER COAL COMBUSTION……. 234

Bissarinova A., Kisseleva O., Mamyrova A.
5G INTEGRATION WITH THE INTERNET OF THINGS. FORMATION OF THE CONVERGED ECOSYSTEM 5G-IOT……... 240
Brimzhanova S.S., Atanov S.K., Moldamurat Kh., Baykhadamova Z.M.
COMPONENTS OF THE INTELLECTUAL KNOWLEDGE ASSESSMENTS AND KNOWLEDGE SYSTEM…… 243
Bulatov N.K., Orazov O.Sh., Bulatova Zh.T., Akhmetzhanova A.B.
DETERMINATION OF THE EFFECTIVE RATIO OF AEROBIC AND ANAEROBIC FLOWS ON A PILOT SAMPLE OF A BIOGAS PLANT……..…… 248
Bulatov N.K., Kasymzhanova K.S., Bulatova Zh.T., Mukashev A.A.
DETERMINATION OF OUTPUT PARAMETERS OF AN EXPERIMENTAL BIOGAS PLANT WITH AN OPTIMAL SYSTEM OF MIXING AND CIRCULATION OF BIOMASS…… 255
Bulatov N.K., Kasymzhanova K.S., Orazov O. Sh., Bulatova Zh.T.
IDENTIFICATION OF PROCESS STABILITY IN AN EXPERIMENTAL BIOGAS PLANT WITH AN OPTIMAL SYSTEM OF MIXING AND CIRCULATION OF BIOMASS…….. 263
Bulatov N.K., Ayatkhan M.A., Bulatova Zh.T., Akhmetzhanova A.B.
EXPERIMENTAL AND ENGINEERING TESTS OF A PROTOTYPE BIOGAS PLANT…… 271
Elmira Daiyrbayeva, Feodor Murzin, Ainur Toigozhinova, Marina Lipskaya
METHODS AND RESULTS OF USING THE STRIP METHOD IN IMAGE PROCESSING……... 279
Sandibek D.
MODELS DEVELOPMENT AND INTELLECTUAL AIRPORT AGENCY SYSTEMS METHOD DESIGNING 284
Eskozhanova N. G., Nurzhaubaev M. M., Tilemisova A. A., Nuralina A. K.
CURRENT TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF TRANSPORT LOGISTICS…… 289
Eskozhanova N. G., Nurzhaubaev M. M., Tilemisova A. A., Saukenova I. K.
LOGISTICS OF TRANSPORT ROUTES UNDER MODERN CONDITIONS……... 292
Zhabayev T., Tukeyev U.
TEXT SIMPLIFICACTION USING SEQUENCE TO SEQUENCE MODELS……... 294
Zhaksylyk R.U.
METHODS FOR SPEECH EMOTION RECOGNITION USING MACHINE LEARNING…….. 298
Doszhanova A.A., Zteleu Sh.S., Zamangaliyeva Sh.Sh.
MODEL AND ALGORITHM OF INFORMATION SECURITY FOR RECOGNIZING CYBERATTACKS IN TRANSPORT INFRASTRUCTURE..... 302
Aidarova S., Sharipova A., Issayeva A., Sultanbekkyzy D., Isakhov M., Babaev A.
STUDY OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE INTERFACIAL TENSION OF SODIUM CASEINATE AND CHITOSAN AT THE INTERFACE WITH OIL……... 306
Isembergenov N.T., T. Abdikul
RESEARCH OF THE TRANSISTOR INVERTER FOR SOLAR POWER STATION…… 312
Isembergenov N., Iskakova A.
INVESTIGION OF INVERTER VOLTAGE REGULATOR…….. 316
Israilova S., Mukhanova A., Ismailova A., Makhanov M.
INVESTIGATION OF THE BUSINESS PROCESS OF TEMPERATURE STABILIZATION OF THE COOLING ELEMENT OF A THERMOBOX USING SIMULATION……. 321
Kocherov Ye., Makulbekova G., Kenzhalieva G., Mamitova A., Begimbetova A.
THE INFLUENCE OF BROWN COAL ON THE SWELLING OF KYNGYRAK-KELES BENTONITE CLAYS..... 325
Kazangapova B.A.
COMPARATIVE ANALYSIS OF DIFFERENT INFORMATION SYSTEMS TO ENSURE INFORMATION SECURITY OF COMPANIES…… 330
Kalizhanova A.U., Kemelbekova I.M., Nurseit N.N., Mustafayeva A.A.
RESEARCH OF MODELS AND FORECASTING METHODS……. 333
Kamen B.K.
ROBOTICS IN THE FIELD OF EDUCATION IN KAZAKHSTAN: EXPERIENCE AND DEVELOPMENT PROSPECTS..... 341
Kashkimbaeva N.M., Kaldarova M.Zh.
DEVELOPMENT OF A MONITORING SYSTEM FOR AGRICULTURAL SENSORS..... 343
Zhanibek K.G.
ENTERPRISE INFORMATION SECURITY POLICY…… 347
Kemelbekov I.M., Smagulov B.M., Sergazin A.E., Koshabayev D.A.
DEVELOPMENT OF AN INTELLIGENT SYSTEM FOR THE DETECTION OF HARMFUL SUBSTANCES IN THE AIR AND ALERTS BY PUSH-NOTIFICATIONS……... 352

Kenzhebek Y.G., Imankulov T.S., Akhmed-Zaki D.Zh.
PREDICTIONS OF OIL PRODUCTION BY THE POLYNOMIAL REGRESSION METHOD…… 358
Kenshimov CH., Krak Iu., Amirgalieva Zh., Kondratiuk S., Aitimov A.
INFORMATION TECHNOLOGY FOR SIGN LANGUAGE ALPHABET UNITS
MODELING AND RECOGNITION…….. 364
Kisseleva O., Maratkyzy K.
OVERVIEW AND COMPARISON OF WIRELESS TECHNOLOG……. 372
Maratkyzy K., Kisseleva O., Seidakhmetova G., Zamanova S., Yessimova Zh.
5G HETEROGENEOUS NETWORKS TO SUPPORT THE INDUSTRIAL INTERNET…… 377
Kisseleva O., Maratkyzy K.
BASIC PRINCIPLES OF CONSTRUCTION AND OPERATION IEEE 802.11 NETWORKS……. 380
Maigazyyev Y.
RESEARCH AND DEVELOPMENT OF A SYSTEM FOR INTELLECTUAL ANALYSIS
OF LEARNING RESULTS..... 385
Maulenov Y., Guruler H., Serbin V., Mamatova G., Bekaulova Zh.
CONCEPTUAL MODEL OF AN ADAPTIVE EDUCATIONAL ONLINE SYSTEM BASED
ON SMART TECHNOLOGIES……. 388
Makhazhanova U.T., Mukhanova A.A., Abdikerimova G.B.
FORMATION A SET OF INDICATORS FOR ASSESSING THE CREDITWORTHINESS
OF A SMALL BUSINESS ON THE BASIS OF ZADEH FUZZY LOGIC……. 395
Mussina E.
ANALYSIS OF THE CAUSES AND PREVENTION OF OCCUPATIONAL INJURIES, FOR
EXAMPLE A CEMENT OF JSC "KARCEMENT»…….. 403
Мусиралиева Ш.Ж., Омаров Б.С., Медетбек Ж.Б., Қараман Г.Р., Бекетова А.К.
IDENTIFICATION OF MESSAGES CONTAINING ELEMENTS OF EXTREMISM IN SOCIAL
SYSTEMS USING MACHINE LEARNING METHODS…… 409
Mussiraliyeva Sh.Zh., Aidyn M.Y., Ospanov R.K.
USER IDENTIFICATION METHOD BASED ON FRIENDSHIP AND DEMOGRAPHIC
ATTRIBUTES IN SOCIAL NETWORKS……. 416
Mukhammedzhanova D.
PERSONAL DATA PROTECTION IN INFORMATION SYSTEMS BY METHOD
OF DE-IDENTIFICATION…… 421
Nurlanbek A., Sultankulov Ye., Kaliyev Zh., Toigozhinova A.
CONTROL OF MOVEMENT OF TRAINS OF METROPOLITAN OF ALMATY CITY…….. 426
Orazbayev K., Boranbay M., Kabassova Z., Abenova D., Yestayeva D., Mussina E.
STUDY OF INCREASING THE CAPACITY OF OVERHEAD POWER LINES……. 430
Rysmendeyeva G.S.
DEVELOPMENT OF VISUAL MODELS OF INFORMATION SYSTEM OF DECISION-MAKING
OF THE PRIVATE ASSET MANAGEMENT……. 434
Ainabekova S.S., Sherov K.T., Mussaev M.M., Gabdyssalyk R., Imanbaev E.B.
STUDY AND DETERMINE THE OPTIMAL GEOMETRY OF CIRCULAR SAW FOR
THERMO-FRICTION CUTTING OF LOW-CARBON STEEL……. 440
Salykova O., Ivanova I., Salykov B.
EFFECTIVE LEARNING OF DEEP NEURAL NETWORKS FOR RECOGNITION
OF VISUAL PATTERNS…….. 446
Satybaldiyeva F., Beisembekova R., Saribayev A., Kultas A.
DEVELOPMENT OF MAXIMUM POWER MODELS OF POWER SYSTEM BASED ON
PHOTO PANEL DURATION..... 451
Seitkulov Ye., Yergaliyeva B., Satybaldina D., Arapov N., Arapov M.
SECURE OUTSOURCING OF CRYPTOGRAPHIC TRANSFORMATIONS……. 458
Seitkhanov A.M., Povetkin V.V., Bukayeva A.Z.
STUDY OF THE EFFECT OF CAVITATION ON THE WEAR OF CENTRIFUGAL GROUND PUMPS… 464
Seitkhanov A.M., Povetkin V.V., Bukayeva A.Z.
GROUND PUMP WEAR AT HYDROABRASIVE ACTION AND VARIATION OF ITS REDUCTION… 471
Serikbayeva A., Khozhanepessova F.
STUDY OF THE OIL-OXIDIZING ACTIVITY OF IMMOBILIZED MICROORGANISMS-
DESTRUCTORS ON MINERAL CARRIERS..... 478
Makulbekova G., Kocherov Ye., Pivovarov A., Kenzhalieva G., Mamitova A.
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF JOINT HEAT TREATMENT OF BENTONITE CLAYS
OF THE KYNGYRAK-KELES DEPOSIT AND TPP ASH IN ORDER TO OBTAIN
HEAT-INSULATING AND FIREPROOF CERAMIC GRANULES..... 481

Mukhanova A.A., Idrissova I.A., Ismailova A.A., Makhanov M.
INFORMATION SECURITY INCIDENT RESPONSE MODEL…… 486
Nuzhnov Yu. V., Yembergenova D.B.
ABOUT THE PROSPECTS OF STATISTICAL MODELING OF TURBULENT FLOWS …….. 490
Smakova N., Sherov K., Smirnov Yu., Mussaev M., Gabdyssalyk R.
EXPERIMENTAL STUDY OF THE PROCESS OF ROTATING TURNING OF THE «ROD» PART OF A HYDRAULIC VIBRATION MODULE…….. 495
Kanayev A.T., Baymirzayev K.M., Valiev H.H., Bugibaeva A., Tokpayev K.09
PREPARATION AND CONDUCT OF LARGE-SCALE LABORATORY EXPERIMENTS ON BIO-LEACHING OF BALANCE URANIUM-CONTAINING ORES..... 501
Tugelbayeva G.K.
TENSED-DEFORMING CONDITION OF ELASTIC LAYER WITH CAVITY ON RIGID BASE…….. 508
Utepov Ye.B., Mkilima T., Tulebekova A.S., Kazkeyev A.B.
LINEAR INTERPOLATION EFFECTIVENESS ON TERZAGHI'S BEARING CAPACITY FACTORS FOR SHALLOW FOUNDATIONS…… 515
Ospanov R., Seitkulov Ye., Yergaliyeva B., Arapov N.
MODIFICATION OF THE SPONGE SCHEME FOR CONSTRUCTING A CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS……... 520
Ashirbayev N., Ashirbayeva Zh., Sultanbek T., Abzhapbarov A., Altynbekov Sh.
FEATURES OF THE UNSTEADY STRAIN STATE IN AN ELASTIC SINGLE-SUPPORT STRUCTURE..... 525
Adambaev M. , Bizhanova A., Zhulaeva Zh.
SYNTHESIS OF AN AUTONOMOUS TWO-STAGE AUTOMATED CONTROL SYSTEM TWO-STAGE DRY GRINDING PROCESS..... 532
Kadirova Zh.B., Tashenova Zh.M., Chekeev A.A.
ANALYSIS OF MATHEMATICAL METHODS FOR DEVELOPING A MODEL FOR DETERMINING SOIL MOISTURE..... 540
Kegenbekov Zh., Abylgazin D.
ENSURING SAFETY DURING CARGO TRANSPORTATION ON TRANSIT CONTAINER TRAINS ON THE WESTERN EUROPE - WESTERN CHINA ROUTE..... 543
Smailov N., Bazarbai A., Mukhtar Arystanbekuly, Zhetpisbayeva A.
FIBER BRAGG LATTICE BASED ON STRAIN SENSORS: REVIEW OF TECHNOLOGIES AND APPLICATIONS..... 550
Smailov N.K., Koshkinbayev S.Zh., Abdykadyrov A.A., Kabdoldina A.O.., Malikova A.U.., Koshkinbaeva M. Zh.
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELS OF ELEMENTS AND DESIGNS OF COMBINED PRESSURE AND TEMPERATURE SENSORS..... 554
Smailov N.K., Koshkinbayev S.Zh., Abdykadyrov A.A., Kabdoldina A.O.., Malikova A.U.., Ualiev Zh.R.
COMBINED FIBER-OPTIC PRESSURE AND TEMPERATURE SENSOR..... 559
Smailov N.K., Koshkinbayev S.Zh.., Ualiev Zh.R.., Baigulbayeva M.M.., Ozhiken A.K.
DESIGN OF FIBER-OPTIC COMBINED PRESSURE AND TEMPERATURE SENSORS FOR SPACE INFRASTRUCTURE..... 563

Physical and mathematical sciences

Tursyngaliyeva G. N., Sagindykov K. M., Konyrkhanova A. A.
VISUALIZATION OF A MATHEMATICAL MODEL OF INTERACTION BETWEEN ETHNIC GROUPS USING A PROGRAMMING LANGUAGE…… 569
Aubakirov S., Abenov Zh.
ANALYSIS OF POWER ALGORITHMS AND GRAPH VISUALIZATION TOOLS AND DEVELOPMENT OF A GRAPH VISUALIZATION TOOL…… 574
Israilova S., Mukhanova A., Ismailova A., Makhanov M.
APPLICATON OF PETRI NETS THEORY TO VERIFY BUSINESS PROCESSES……. 582
Kassenova L., Satayev B.
BOUNDARY CONDITIONS FOR THE ELECTROMAGNETIC FIELD……... 586
Kulakova Y., Suleimenov B.
CREATION THE KNOWLEDGE BASE OF THE INTELLIGENT CONTROL SYSTEM FOR GRAVITATIONAL ENRICHMENT PROCESSES USING EXPERT INFORMATION PROCESSING METHODS…… 590

Aitzhanov M., Nemkayeva R., Guseinov N., Mukhametkarimov Ye.
PREPARATION OF TWO-DIMENSIONAL ε-InSe NANOCRYSTAL BY STOICHIOMETRIC FUSION IN VACUUM..... 597
Buribayev Z., Merembayev T., Yeshmukhametov A., Amirgaliyev Y.
DETECTION AND CALCULATION OF OBJECT COORDINATES USING STEREO VISION FOR AUTOMATIC HARVESTING..... 602
Bissarinov B., Bissarinova A.
PROCESSING AND ANALYSIS OF BENIGN AND MALICIOUS TRAFFIC BASED ON K-MEANS AND K ++ CLUSTER ALGORITHMS USING BIG DATA ANALYSIS TECHNOLOGIES..... 608
Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Mamedova M.R., Nurmukhanova A.Z.
NUMERICAL SIMULATION OF TURBULENT COMBUSTION PULVERIZED COAL TORCH..... 612
Jomartova Sh., Karymsakova N., Abdiyev B.
CONTROLLABILITY CRITERION FOR THE FOLLOWING AUTOMATIC MANIPULATOR SYSTEM..... 615
Dyussenbayev D.S., Algazy K.T., Sakan K.S.
THE STUDY OF THE «AL01» AND «QAMAL» ENCRYPTION ALGORITHMS BASED ON ALGEBRAIC CRYPTANALYSIS..... 620
Kalimoldayev M., Tynymbayev S., Almen D., Skabylov A.
IMPLEMENTATION OF THE NONCONDUCTIVITY CHECK ALGORITHM FOR A GIVEN BINARY POLYNOMIAL ON THE FPGA..... 629
Massina M., Aldiyarov A.
INVESTIGATION OF THE EFFECT OF CRYOCONDENSATION TEMPERATURE ON THE VIBRATIONAL SPECTRA OF ETHANOL IN A NITROGEN CRYOMATRIX..... 635
Nazarova K.Zh., Usmanov K.I., Erkisheva ZH.S.
THE UNIQUE SOLVABILITY OF A PARTICULAR CASE OF A SYSTEM OF INTEGRO-DIFFERENTIAL EQUATIONS WITH IMPULSIVE BOUNDARY CONDITIONS..... 639
Ospanov R., Seitkulov Ye.
ON THE METHODS OF DESIGNING THE INTERNAL FUNCTION FOR THE SPONGE SCHEME FOR CONSTRUCTING OF CRYPTOGRAPHIC HASH FUNCTIONS..... 645
Akhmetsadyk D.S., Tulegenova M.A., Guseinov N.R., Ilyin A.M., Beall G.
ELECTROPHORETIC DEPOSITION OF FUNCTIONALIZED GRAPHENE NANOSTRUCTURES ON THE SURFACE OF COPPER AND NICKEL..... 650
Turusbekova U.K.
RESEARCH OF HASH FUNCTIONS BASED ON POLYNOMIALS OVER A FINITE FIELDS..... 656
Uskenbaeva R.K., Kuandykov A.A., Nuralykyzy S.
DEVELOPMENT OF METHODS FOR PROCESSING COMMENTS FOR MAKING DECISION IN BUSINESS PROCESSES..... 661
Usmanov Kh.I., Nazarova K.J., Zhappar A.S.
SOLUTIONS OF INTEGRAL-DIFFERENTIAL SYSTEMS CONTAINING A PARAMETER IN EQUATIONS WITH A PULSE BOUNDARY CONDITION BY THE PARAMETERIZATION METHOD..... 665
Ysmagul R.S., Nurusheva D.M.
THE SOLUTION OF NON-STANDARD TASKS FOR THE DEVELOPMENT OFCREATIVE ABILITIES OF STUDENTS IN A MATHEMATICS LESSON..... 671
Kuandykov A.A., Mukazhanov N.K., Tolegenov A.M.
DATA FLOWS IN INFORMATION AND LOGISTICS SYSTEM..... 675
Smailov N.K., Orazbekov E.A., Ualiev Zh.R., Koshkinbayev S.Zh., Kabdoldina A.O., Baigulbayeva M.M.
METHODS OF BUILDING ACCESS NETWORKS USING FIBER OPTIC SOLUTIONS..... 680
Kemelbekova Zh.S., Sembiyev O.Z., Umarova Zh.R. Kozhabekova A,E.
DEVELOPMENT THE ALGORITHM FOR OPTIMAL ALLOCATION OF ASYNCHRONOUS NETWORK RESOURCES 684

Chemical and metallurgical sciences

Akmalaiuly K., Tolegenova A.
COMPLEX CHEMICAL ADDITIVE FOR CONCRETE..... 692
Akanova G.Zh., Ismailova A.G., Kamysbayev D.Kh.
SEPARATION METHODS OF RARE EARTH METALS..... 695

Arbuz A., Lutchenko N., Panin E., Lepsibayev A., Magzhanov M.
USING OF FEM SIMULATION FOR RADIAL-SHEAR ROLLING OF ZR-1%NB ALLOY..... 701
Atchibayev R., G. Yar-Mukhamedova.
ANTI-CORROSION NANOCOMPOSITE ELECTROLYTIC COATINGS CR-C-SIO2
MORPHOLOGY AND MICROHARDNESS RESEARCH..... 708
Berdikulova F., Ikhlasova A.
THE STUDY OF THE PROCESS OF RHENIUM EXTRACTION FROM LEAD SLIME..... 714
Bukayev Y., Kenzhetayev G., Serikbayeva A., Mutalibova G.,
PROBLEMS OF EXTRACTION OF WALL STONE FROM WASTE LIMESTONE-SHELL..... 719
Kedruk Y.Y., Aitzhanov M.B., Gritsenko L.V., Abdullin Kh.A.
EFFECT OF SYNTHESIS TEMPERATURE ON THE PROPERTIES OF ZnO/CuO
NANOCOMPOSITES..... 729
Kim A., Akberdin A., Sultangaziyev R.
INFLUENCE OF BASALT FLUXES ON SLAG FORMATION PROCESSES AND
PHYSICAL PROPERTIES OF SLAGS CARBON FERROCHROME..... 735
Koshkarbaeva Sh.T., Alseit A.K., Amanbaeva K.B., Abdurazova P.A., Yeskendirova M.M.
PREPARATION OF COMPOSITE COATINGS BY INTRODUCING A POWDER
FERROPHOSPHORUS IN THE STEEL SAMPLES..... 741
Satayev M.S., Abzhalov R.S., Abdurazova P.A., Koshkarbaeva Sh.T., Amanbaeva K.B.
PREPARATION OF ANTIBACTERIAL COPPER-CONTAINING
NANOFILMS ON DIELECTRIC SURFACES..... 747

Military science

Saliy S., Altynbekov R., Mukhatay A.
AUTHORIZED BODIES PARTICIPATING IN PROTECTING THE STATE BORDER
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN: PROBLEM ASPECTS AND WAYS
TO IMPROVE INTERACTION…… 754
Trukhan S. N.
INFORMATION TECHNOLOGIES IN THE PROFESSIONAL TRAINING
OF MILITARY UNIVERSITY CADETS……. 761

Редакторы:
Н.Ф. Федосенко
Верстка на компьютере:
Л. Касжанова

Подписано в печать 17.09.2020 г.
Формат 60x84 $^{1}/_{8}$. Усл. п.л 49,2.
Тираж 500 экз. Заказ № 246.

Адрес редакции:
ул. Сатпаева, 22, КазНИТУ каб. 607, тел. 292-63-46 ,Nina.Fedorovna. 52 @ mail.ru
Департамент маркетинга и коммуникаций КазНИТУ
Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева