

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ  
БІЛІМ ЖӘНЕ ҒЫЛЫМ МИНИСТРЛІГІ

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



**ҚазҰТЗУ ХАБАРШЫСЫ** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ **ВЕСТНИК КазНУ**

**VESTNIK KazNRTU** \_\_\_\_\_

**№6 (124)**

***Главный редактор***  
**И. К. Бейсембетов – ректор**

***Зам. главного редактора***  
**М.К. Орунханов – проректор по науке**

***Отв. секретарь***  
**Н.Ф. Федосенко**

***Редакционная коллегия:***

С.Б. Абдыгаппарова, Б.С. Ахметов, З.С. Абишева, Ж.Ж. Байгунчеков-акад. НАН РК, В.И. Волчихин (Россия), Д. Харнич (США), К. Дребеншted (Германия), И.Н. Дюсембаев, Г.Ж. Жолтаев, С.Е. Кудайбергенов, С.Е. Кумекоев, Б. Кенжалиев, 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. Сайлаубекоев, Н.С. Сеитов - член-корр. НАН РК..

***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. 904, тел. 292-63-46  
n.fedossenko @ ntu.kz

552.322.1, 552.33.331.1

А.О. Байсалова

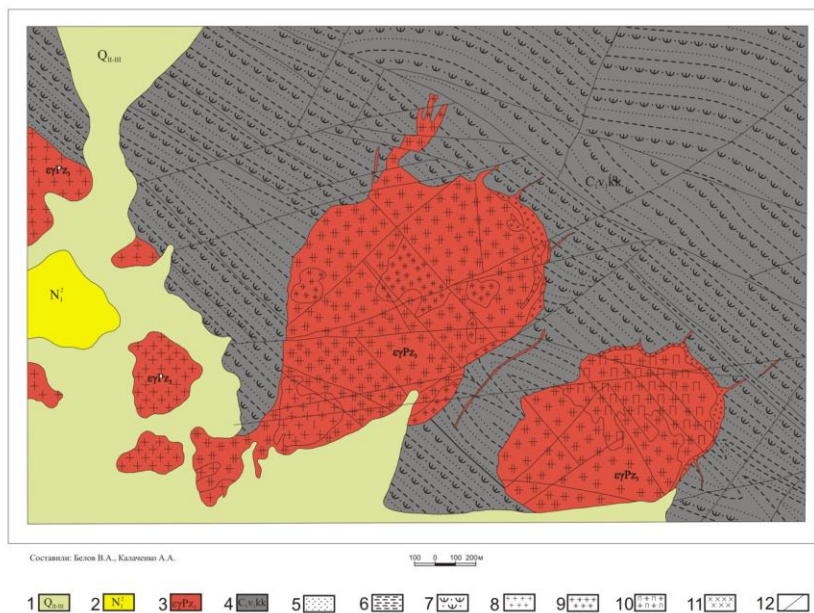
(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан, [baisalova73@mail.ru](mailto:baisalova73@mail.ru))

### ОСОБЕННОСТИ АЛЬБИТИТОВ И МЕТАСОМАТИТОВ ВЕРХНЕЭСПИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

**Аннотация.** Дано краткое описание альбититов и метасоматически измененных пород, минеральный состав Верхнеэспинского редкометального месторождения. Приведены результаты химического состава разных типов рудоносных пород, собранные на спайдеграмме. Содержание РЗЭ в метасоматически измененных породах преобладает над содержанием в неизмененных породах: гранитах, рибекитовых гранитах и пегматитах. Отмечено повышенное содержание тяжелых над легкими РЗЭ во всех изученных нами породах.

**Ключевые слова:** пироклор, циркон, гагаринит, торит, иттрий, РЗЭ, рудное тело, апограниты, фениты, метасоматический процесс, спайдеграмма.

**Редкометальное месторождение Верхнее Эспе** представлено двумя штокообразными выходами щелочных гранитов, размером 3 x 1,5 км<sup>2</sup> и 0,9 x 1,2 км<sup>2</sup>, вытянуты в северо-восточном направлении. В строении Верхнеэспинского массива выделены щелочные граниты трех фаз. Практически весь массив характеризуется повышенными (в 2-10 раз против кларка) содержаниями циркония, иттрия, ниобия, тантала, лития, рубидия, тория и редкоземельных элементов (РЗЭ). Концентрации этих элементов приурочены к 50-100-метровой полосе в северной и северо-восточной эндоконтактовой и апикальной части обоих штоков общей протяженностью около 3 км, а также сопряженной с ней зоной (10-20 м) фенитизации вмещающих пород (рисунок 1).



**Рис. 1.** Геологическая карта Верхнеэспинского месторождения.

1-четвертичная система, 2-неогеновое отложение, 3-граниты, граносиениты,  
4-карбонатная система, нижний отдел, 5-песчаники, 6-алевролиты, 7-туфопесчаники, 8-биотитовые граниты,  
9-среднезернистые рибекитовые граниты, 10-пегматоидный гранит, 11-метасоматиты, 12-разрывные нарушения [1].

Наиболее богатые рудные тела (№№ 1-10) приурочены к апофизам щелочных пегматоидных гранитов, пегматитов и мелкозернистых гранитов, отходящих от щелочных гранитов II фазы на расстоянии 200-600 м, к которым приурочены зоны фенитизации [1].

Таким образом, выделяется **два типа руд**: первый – щелочные граниты, пегматоидные граниты, пегматиты; и второй – альбитизированные граниты и фениты.

Минеральный состав рудоносных гранитов и пегматоидных их разновидностей колеблется в довольно широких пределах: калишпат, альбит, кварц, рибекит, эгирин, флюорит и рудные минералы. К последним относится пироклор, гагаринит, синхизит, монацит, ксенотим, иттрофлюорит, бастнезит, циркон, торит, гельвин, фенакит, берилл, миларит, берtrandит, гадолинит, барилит, эльпидит и др.

Второй тип руд – фенитовый, наиболее интенсивно развит в зоне (10-25 м) контакта гранитов II фазы, особенно вдоль обеих сторон апофиз. Наиболее перспективные жильные зоны фенитов мощностью от 1 до 20 м (рудные тела 2, 4, 5, 6, 7), реже до 500-700 м (рудные тела 1 и 3) [3, 4].

По структурно-минералогическим особенностям выделены три типа фенитов: мелкозернистые тёмно-серые биотит-рибекитовые альбитовые роговиковоподобные; светлые среднезернистые рибекит-полевошпатовые полосчатые и лейкократовые мелкозернистые рибекит-полевошпатовые; кварц-полевошпатовые-флюорит слабо полосчатые фениты (рисунки 2(а-в)).

**Рудные минералы** представлены почти всеми теми же минералами, какие отмечены в гранитах, за исключением колумбита, монацита и криолита.



**Рис. 2.** Рибекит-полевошпатовые полосчатые фенитизированные осадочные породы

Наиболее существенной геохимической особенностью пород Верхнеэспинского массива и связанных с ним метасоматитов является их значительное обогащение редкими элементами. Так, в рудной зоне месторождения среднее содержание  $Nb_2O_5$  в 48 раз превышает кларк для гранитоидов;  $ZrO_2$  – в 37;  $HfO_2$  – в 38;  $U_3O_8$  и  $BeO$  – в 30;  $Y_2O_3$  и  $PbO$  – в 25;  $Ta_2O_5$  – в 20;  $F$  – в 15;  $P_3O_5$ ,  $ZnO$ ,  $Sc_2O_3$  и  $ThO_2$  – в 10;  $Li_2O$  – в 5 [5, 6].

В рудах месторождения основная масса ниобия и тантала заключена в минералах группы пироклора, фергусоните, ферсмите, колумбите и др.; остальная – в виде изоморфной примеси присутствует в рутиле, ильмените торите, цирконе и в темноцветных минералах (рисунок 3). Другие минералы – концентраторы ниобия и тантала для месторождения менее характерны, однако, в рудном теле участка «Северного» основной носитель ниобия и тантала – фергусонит, а в «Колумбитовой» жиле – колумбит [4].



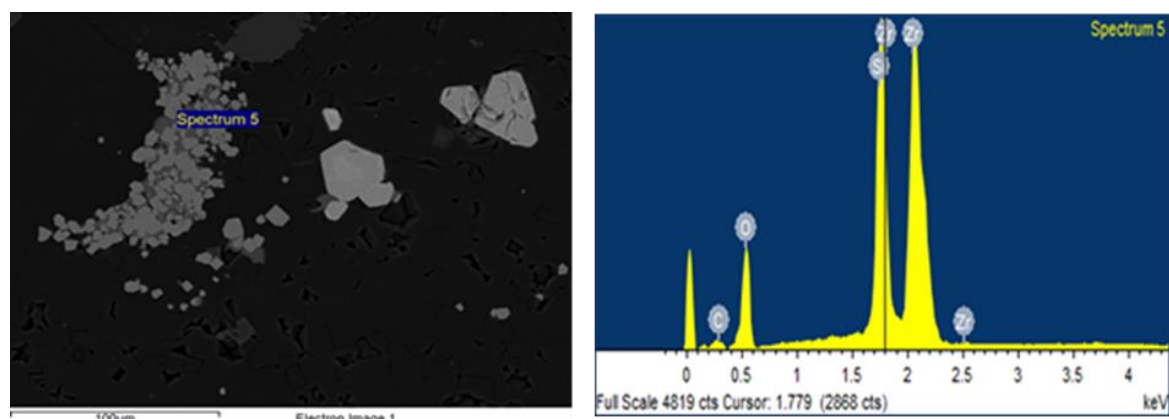


Рис. 3. Кристаллы пироклора и мелкие кристаллы циркона по эльпидиту в фенитизированной породе. BEI

**Цирконий** заключен, главным образом, в цирконе, циртолите и, в меньшей степени, в минералах группы эльпидита [7], бацитрите и др. (рисунок 3). Рассеянный цирконий связан с полевыми шпатами, темноцветными минералами и минералами группы пироклора. Весьма вероятно, что «рассеяние» элемента имеет микроминералогический и изоморфный характер.

Современные методы локального анализа LA-ICP MS (метод лазерной абляции) дают возможность проведения комплексного исследования циркона и определения содержаний микро-примесных элементов в отдельных зернах цирконов. Кроме элементов, определенных химическим анализом, с помощью методом лазерной абляции (LA-ICP MS) в цирконах установлено содержания редкоземельных элементов. Циркон из альбититов имеет широкий диапазон содержания РЗЭ, для них типичные очень высокие концентрации (г/т) HREE.

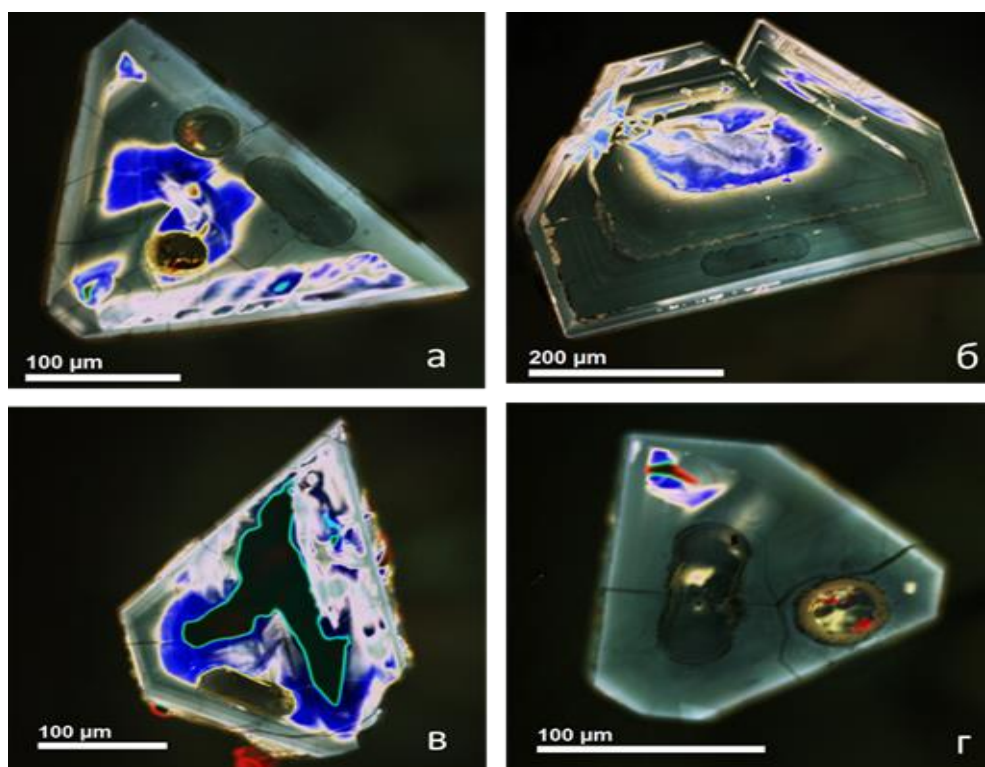
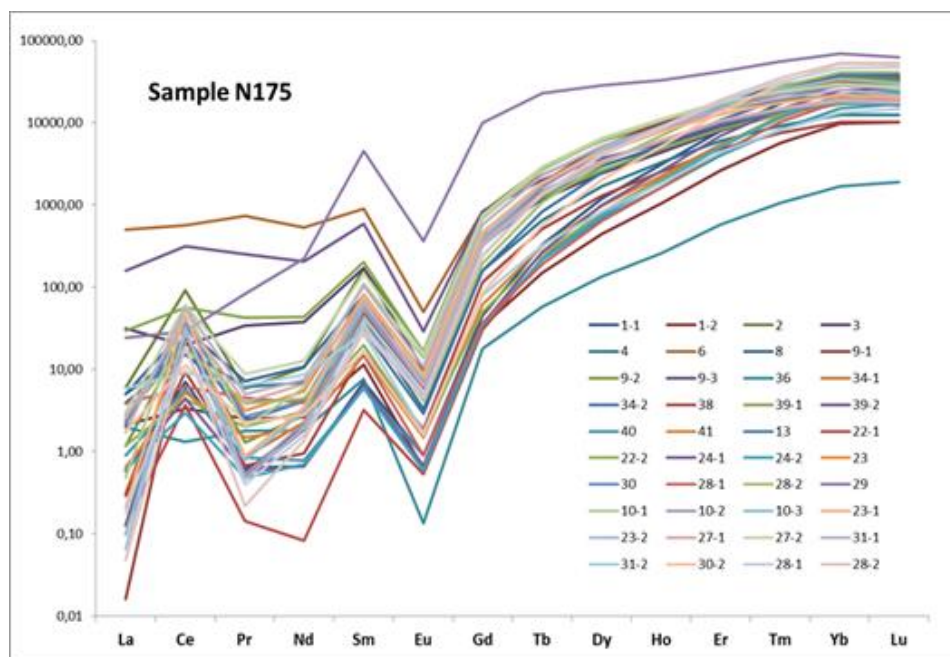


Рис. 4. Сильно деформированные дипирамидальные кристаллы циркона с зональным строением из альбититовых тел из Малого выхода.

Содержание HREE намного преобладают над LREE Yb/Gd во втором зерне (5071,77-155,60) до 1,7 %- 0,02%, а 41 зерне содержание этих элементов достигают (34,360,22-171,04) до 4%. В некото-

рых минералах наблюдаются низкое содержание La, Pr, Nd. Отмечено преобладание HREE отдельных зернах на порядок больше, чем в породах. Эти цирконы обладают значительными вариациями тяжелых РЗЭ, часто наблюдаются: редуцированная Ce-аномалия, слабая и часто отсутствующая Eu-аномалия, иногда менее дифференцированный спектр распределения РЗЭ за счет обогащения легкими РЗЭ. [Belousova et al., 2002; Федотова и др., 2008; Скублов и др., 2009; Балашов, Скублов, 2011] (рисунок 4).



**Рис. 5.** Нормированные к верхней континентальной коре [Taylor and McLennan, 1985] [8] концентрации элементов примесей, включая спектры распределения РЗЭ, в образцах Верхнеэспинского месторождения: метасоматиты (зеленый), рибекитовые граниты (черный), пегматиты (розовый), неизменная осадочная порода (синий).

**Основными носителями РЗЭ** на изученных образцах - являются: гагаринит и продукты его изменения, минералы группы пирохлора и минералы циркония (малокон, циртолит) [5, 6].

Среди минералов, содержащих РЗЭ в составе лантаноидов выделяются:

- цериевые: свинцово-редкоземельный пирохлор, бастнезит, синхизит;
- цериевый гагаринит, монацит, флюорит;

-диспрозиевые: гадолинит, гагаринит, торит, итробастнезит, итросинхизит, пирохлор, фергусонит.

- эрбиевые: итросинхизит, тенгерит, флюорит, ксенотим, торит;

- иттриевые: циркон, фергусонит, гадолинит, тенгерит, торит.

Изучение закономерностей распределения иттрия еще не закончено. Однако, уже сейчас можно говорить о высоком его содержании (40-70% от  $\Sigma$ РЗЭ в рудах) и достаточно независимом от состава лантаноидов поведении при общей тенденции к повышению абсолютного содержания в ряду Ce→Nd→Yb в рудах (рисунок 5). Концентрации тяжелых РЗЭ преобладают над легкими. На диаграмме наблюдаются минимумы в содержаниях Ba, Sr, Eu, Tb, которые углубляются от метасоматитов до гранитоидов. Отмечено преобладание тяжелых: Dy, Er, Ho, Sm, Tb, Yb над легкими РЗЭ во всех изученных нами породах кроме неизменной осадочной породы, отобранной из 8 рудного тела северо-запада Большого выхода [5].

**Заключение.** В результате геохимических исследований альбититов и метасоматически измененных пород выявлен состав лантаноидов Верхнеэспинского месторождения. Химический состав пород в целом идентичен. Содержание РЗЭ в метасоматически измененных породах преобладает над содержанием в неизменных породах: гранитах, рибекитовых гранитах и пегматитах. Отмечено повышенное содержание тяжелых РЗЭ (Dy, Er, Ho, Sm, Tb, Yb) над легкими во всех изученных нами породах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Минеев Д.А. Геохимия апогранитов и редкометальных метасоматитов северо-западного Тарбагатая. 1968. Изд.: Наука. М. 184.
- [2] Губайдуллин Р.А., Антонов Ю.А., Титов Д.В. и др. Отчет АО «НГК «Казгеология» о результатах ПОР, выполненных в 2014 г. Астана, АО «НГК «Казгеология». 2014.
- [3] Беус А.А., Северов Э.А., Ситнин А.А., Субботин К.Д. Ниобий / Альбитизированные и грейзенизированные граниты (апограниты). М. Изд. «Академии наук СССР». 1962 г. С. 182-185.
- [4] Ерджанов К.Н. Гранитные интрузии и пегматиты Тарбагатая. 1963. Алма-Ата. 279 с.
- [5] Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Геохимия редких элементов / Под ред. К.А. Власова. – М. Наука. – Том 1. – 1964 г. С. 342-382.
- [6] Геохимия, минералогия и генетические типы месторождений редких элементов. Минерология редких элементов / Под ред. К.А. Власова. – М. Наука. – Том 2. – 1964 г. С. 386-394.
- [7] А.В. Степанов, А.О. Байсалова, Е. Турсынулы, Е.В. Стеблевская, Г.К. Бекенова. Кальцийсодержащий разновидность эльпидита из Верхнеэспинского месторождения (Восточный Казахстан). Известия НАН РК. Сер. геологии и технических наук. – 2013 г. №1. С. 36-43.
- [8] Taylor S.R., McLennan S.M. The continental crust: its composition and evolution. Blackwell Scientific Publication. Carlton. – 1985. 312p.

Байсалова А.О.

**Жоғарғы еспе кенорнының альбиттері мен метасоматиттерінің ерекшеліктері**

**Резюме.** Жоғарғы Еспе сирекжер элементті кенорнының альбитті таужыныстары мен метасоматиттік өзгерген таужыныстардың қысқаша сипаттамасы және минералдық құрамы берілген. Әр түрлі типті кенді таужыныстың химиялық құрамының нәтижелер жиынтығы спайдеграмма түрінде бейнеленген. Метасоматитті өзгерген таужыныстар құрамындағы сирекжер элементтері (СЖЕ) мөлшері өзге таужыныстар: граниттер, пегматиттер және рибекитті таужыныстар құрамындағы СЖЕ - мөлшерінен анағұрлым басымырақ. Бұл біздің барлық зерттелген таужыныстар құрамындағы ауыр сирекжер элементтерінің мөлшерінің жеңіл СЖЕ мөлшерінен басымдылығын айқындайды.

**Түйін сөздер:** циркон, торит, иттрий, СЖЕ, кен денелері, альбититтер, фениттер, метасоматиттік процесс, спайдеграмма, Жоғарғы Еспе кенорны.

Baisalova A.O.

**Characteristics of albitites and metasomatites of the Verkhnee espe deposit**

**Summary.** A brief description of albitites and metasomatic rocks and mineral composition of the Verkhnee Espe rare-metal deposit is given. Chemical compositions of different types of ore-bearing rocks are presented using spidergram. Concentrations of REEs in metasomatic rocks are much higher than in fresh rocks, the latter represented by granites, riebeckite granites and pegmatites. In all studied rocks types heavy REEs prevail over light REEs.

**Key words:** zircon, yttrium, rare-earth element (REE), ore body, albitites, fenite, metasomatic process, spidergram, Verkhnee Espe deposit.

УДК 622.44

<sup>1\*</sup>А.А. Алтаева, <sup>2</sup>Ю.А. Кашников

(<sup>1</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Российская Федерация,

\*Email: a.aselya\_92@mail.ru)

**ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ГОРНЫХ ПОРОД, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ**

**Аннотация.** Статья посвящена к методам расчета параметров сдвижений и деформаций земной поверхности, горных пород используемых на рудных месторождениях при подземной разработке.

**Ключевые слова:** деформация земной поверхности, сдвижение горных пород, эмпирические методы, полуэмпирические методы и теоретические методы.

Необходимость ведения прогнозных расчетов сдвижений и деформаций с целью оценки влияния подземных горных разработок на окружающие объекты существовала на протяжении всей истории развития горного дела и особую актуальность приобрела в связи с интенсивным углублением и ростом объемов добычи на современных горных предприятиях. Но именно на этой стадии знания о характере и основных параметрах сдвижения горных пород, базирующиеся на методе аналогии, оказываются недостаточными [1].

Для решения этих вопросов необходимо иметь данные о параметрах и закономерностях процесса сдвижения в рассматриваемых условиях. Однако именно в этот период результатов наблюдений, как правило, не хватает и потому приходится использовать расчетные методы.

На рудных месторождениях при подземной разработке применяют следующие методы расчета параметров сдвижения и деформирования земной поверхности и горных пород (рисунок 1).



**Рис. 1.** Методы расчета сдвижения и деформирования земной поверхности и горных пород

*Эмпирические методы* основаны на выявленных по данным инструментальных наблюдений закономерностях процесса сдвижения толщи пород и земной поверхности. Данные методы получили наибольшее распространение как в нашей стране, так и за рубежом в силу своей простоты, удобства применения и высокой надежности для тех месторождений, для которых получены конкретные эмпирические формулы. В основе их лежат многолетние и подробные инструментальные наблюдения.

В настоящее время в практике нашли применение следующие случаи расчета сдвижений и деформаций земной поверхности с использованием эмпирических методов:

1. Расчет ожидаемых сдвижений и деформаций земной поверхности в любой точке мульды сдвижений при выемке одного или свиты пластов;
2. Упрощенный способ расчета, позволяющий рассчитать вероятные величины сдвижений и деформаций земной поверхности при отсутствии календарных планов отработки пластов [2, 3].

[2] рекомендуется производить расчет сдвижений и деформаций земной поверхности для следующих условий (рисунок 2).



Рис. 2. Условия для проведения расчета сдвижений и деформаций земной поверхности

Недостатком данных методов являются то, что их применение требует знания исходных параметров, определяемых по данным натуральных наблюдений. Эмпирические способы не являются строгими, поэтому точность расчётных данных не всегда отвечает требованиям, вытекающим из характера решаемых задач.

*Полуэмпирические методы*, как известно, базируются на использовании функции единичного влияния элементарного вынужденного объема на земную поверхность, полученной из каких-либо теоретических предположений. Входящие в функцию коэффициенты определяются из инструментальных наблюдений. К полуэмпирическим методам расчета параметров сдвижения, можно отнести следующие виды (рисунок 3):



Рис. 3. Методы и виды по расчету параметров сдвижений относящиеся к полуэмпирическим методам

*Теоретические методы* расчета сдвижений и деформаций земной поверхности разрабатываются на основе [4]:

- выявленных натурными наблюдениями закономерностей процесса сдвижения толщи пород;
- теоретических и аналитических исследований с учетом положений механики сплошной среды и математических аналогий;
- осреднения данных натуральных наблюдений либо использования интерполяционных и теоретических формул.

За рубежом наибольшую известность по теоретическим методам получили следующие работы:

- Саламон М.Д.Г. - распределение упругих напряжений и смещений горного массива при разработке пологопадающих рудных жил ЮАР;
- Янтсон Ф. - единичное влияние, связанная с нормальными и касательными напряжениями, прочностными свойствами пород и величиной конвергенции пород;
- Черный Г.И. - модель сдвижения горного массива;
- Смирнов А.Ф. и Ержанов Ж.С. - прогноз углов и разрывов, основанные на предельном равновесии для участков горного массива,двигающегося по активной системе трещин.



На основании выше сказанного, можно сделать следующий вывод: на рудных месторождениях при подземной разработке применяют 3 метода расчета параметров сдвижений и деформаций земной поверхности и горных пород, с помощью которых можно определить следующие параметры:

- границы влияния горных работ и положение точек с максимальными сдвигами, т. е. размеры и местоположение полумульды;
- величины максимальных сдвижений и сдвигения в отдельных точках мульды;
- значения наклонов и кривизны слоя как производные от кривой нормальных сдвижений.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Сашурин А.Д. Сдвигение горных пород на рудниках черной металлургии. - Екатеринбург, 1999. - 22 с.
- [2] Правила охраны сооружений и природных объектов от вредного влияния подземных горных разработок месторождений руд цветных металлов с неизученным процессом сдвигения горных пород. - Л.: ВНИМИ. - 1986. - 76 с.
- [3] Кашников Ю.А. Научные основы разработки методов прогноза параметров деформирования подрабатываемых скальных массивов мощных крутопадающих рудных месторождений. - Пермь, 1992. - 18 с.
- [4] Рожко М.Д. Расчет оседаний земной поверхности с использованием точек максимальных наклонов. - Украина, 2010. - С. 18-24.

Алтаева А.А., Кашников Ю.А.

**Пайдалы қазба кенорындарында қолданылатын тау жыныстары мен жер бетінің жылжуының параметрлерін есептеудің аналитикалық әдістеріне шолу**

**Түйіндеме.** Бұл мақала пайдалы қазба кенорын жер әдісті тәсілімен игергенде қолданылатын тау жыныстары мен жер бетінің жылжуының параметрлерін есептеудің аналитикалық әдістеріне арналған.

**Түйінді сөздер:** жер бетінің деформациялануы, тау жыныстарының жылжуы, эмпирикалық әдістер, жартылай эмпирикалық және теориялық әдістер.

Altaeva A.A., Kashnikov Yu.A.

**Review of analytical methods for calculating the parameters of displacement of the earth's surface and rocks used in ore deposits**

**Summary.** This article is devoted to methods for calculating the parameters of displacement and deformation of the earth's surface, rocks used in ore deposits in underground mining.

**Key words:** deformation of the earth's surface, rock shifting, empirical methods, semi-empirical methods and theoretical methods.

УДК 550.385.1

**А.Е. Абетов, А.Т. Ниязова, С.А. Абетова**

(Казахский национальный технический университет имени К.И.Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан, [niyazova.akma@mail.ru](mailto:niyazova.akma@mail.ru))

### **КОРРЕЛЯЦИЯ АНОМАЛИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО И ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ КРУПНЫХ ГЕОСТРУКТУР СЕВЕРО-УСТЮРТСКОГО РЕГИОНА**

**Аннотация.** Результаты исследований по выявлению корреляционных связей между напряженностью гравитационных и магнитных аномалий и глубиной погружения фундамента свидетельствуют, что грави-и магнитовозмущающие объекты внутренних районов Северо-Устюртского региона выделяются в составе фундамента, погруженного на значительные глубины и перекрытого мощными толщами слабодислоцированных комплексов осадочного чехла и промежуточного структурного этажа, что рассматривается в качестве благоприятного фактора при анализе перспектив нефтегазоносности этого региона.

По обрамлению Северо-Устюртского региона обособляются крупные линейно-вытянутые подвижные блоки с герцинской складчатостью, где распределение коэффициентов корреляции аномалий гравитационного и геомагнитного полей и глубины погружения фундамента показывает, что большая часть локальных грави-и магнитовозмущающих масс находится не в составе фундамента и прорывает дислоцированные и метаморфизованные комплексы осадочного чехла и промежуточного структурного этажа. В отношении нефтегазоносности эти блоки слабо- и бесперспективны.

**Ключевые слова.** Северный Устюрт, гравитационное поле, геомагнитное поле, фундамент, коэффициент корреляции.



Магнито-и гравиметрические съемки в Северо-Устьюртском регионе выполнялись в разные годы, в различных масштабах и разными геологическими организациями. Региональные грави-и магнитометрические исследования (масштаба 1:200 000 и 1:100 000) проводились с конца 50-х годов с целью получения сведений о геологическом строении фундамента.

В результате этих исследований были получены новые сведения о геологическом строении Северного Устьюрта, в том числе: а) составлены сводные карты изоаномал силы тяжести и выявлен ряд локальных аномалий гравитационного поля в зонах увеличенных мощностей мезозой-кайнозойских отложений; б) проведено районирование аномалий геомагнитного поля, проведено их геологическое истолкование, изучены магнитные свойства разреза, намечены перспективные участки для выявления локальных структурных поднятий, перспективных на нефть и газ, даны рекомендации по поискам площадей.

Позже, высокоточные гравиметрические исследования масштаба 1:50 000 были проведены на Бузачинском своде, Куаныш-Коскалинском и Тахтакаирском валах, в Судочьем и Барсакельмесском прогибах, по результатам которых были выделены локальные структуры, связываемые с нефтегазо-перспективными объектами, а также протрассированы зоны тектонических нарушений.

Кроме того, были сделаны успешные попытки комплексирования данных гравиразведки, электроразведки и газовой геохимической съемки (участками) при выявлении перспективных аномалий типа залежь (на отдельных участках в северо-восточной части Бузачинского поднятия и Арыстановской ступени) и их увязки с поднятиями, закартированными сейсморазведкой.

В 2009 - 2011 г.г. группой исследователей из научно-исследовательских и производственных организаций и компаний (Акчулаков У.А., Ажгалиев Д.К., Коврижных П.Н. и др.) проведен анализ аномалий гравитационного и геомагнитного полей Северного Устьюрта (Казахстанская часть), по результатам которого выявлены связи с основными чертами глубинного строения этого региона.

Однако, несмотря на значительный объем полученных сведений, некоторые вопросы глубинной тектоники Северного Устьюрта до сих пор остались не решенными. В связи с чем, получение новой информации о глубинном геологическом строении земной коры этого перспективного на нефть и газ региона является значимым направлением исследований, среди которых важная роль отводится выявлению корреляционных зависимостей между аномалиями гравитационного и геомагнитного полей, глубиной погружения фундамента.

При этом, коэффициенты корреляции могут быть как положительными, так и отрицательными. Отрицательными, если при увеличении значения одной величины происходит уменьшение значений другой величины и положительными, в случае, когда увеличение значений первого объекта наблюдения приводит к увеличению значения второго объекта.

Принимая во внимание вышеизложенное, цель настоящей статьи – анализ коррелируемости аномалий гравитационного и геомагнитных полей, структурных элементов по поверхности фундамента Северо-Устьюртского региона.

Для достижения поставленной цели потребовалось создание сводных цифровых моделей потенциальных полей Северо-Устьюртского региона с увязкой разномасштабных карт и приведение всех материалов к единому уровню. Эта задача была решена с использованием модуля Gridknit в программном обеспечении OasisMontaj (GeosoftInc; США-Канада), который представляет собой универсальную технологию объединения массивов (сшивки) геофизических данных.

Задачи геологического районирования и картирования, расчета коэффициентов корреляции аномалий гравитационного и геомагнитного полей, глубины погружения фундамента были решены в программном обеспечении COSCAD 3D [Москва; 2010].

Вместе с тем, в целях оптимизации геологического истолкования коэффициентов корреляции по тектоническим элементам Северо-Устьюртского региона, в статье основное внимание сфокусировано на анализе максимальных значений этого параметра. При всех недостатках подобный подход отличается объективностью, учитывая геолого-геофизическую изученность этого региона.

#### ***Результаты проведенных исследований***

В целях геологической интерпретации полученных результатов были привлечены априорные геолого-геофизические сведения из опубликованной литературы, включая распределение плотности и намагничности в вертикальном разрезе осадочного чехла и промежуточного структурного этажа.

Обобщая сведения из опубликованной литературы, представляется возможным говорить о различных суждениях о времени формирования фундамента Северо-Устьюртского региона.

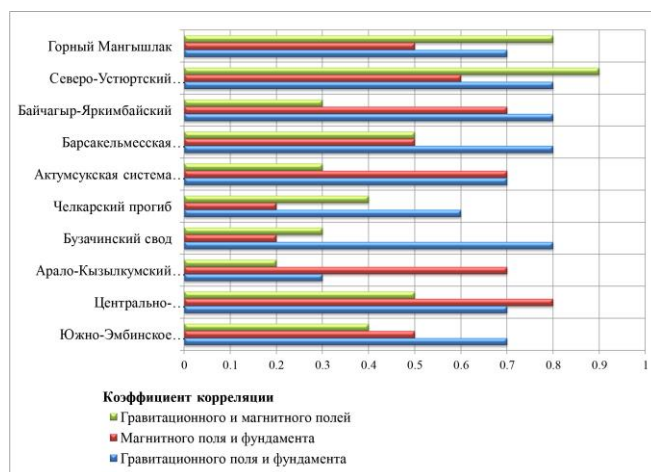
Н.В. Неволин (1957г.) полагает, что он сформировался в герцинскую эпоху тектогенеза. У.Акчулаков и др. (2011г.) считают, что континентальная кора Северо-Устьюртского региона образовалась в девонское время и подтверждается наличием нижнемолассовых и квазиplatformенных формаций в отложениях раннего карбона, слагающих нижний структурный этаж осадочного чехла. И, наконец, по представлениям Акрамходжаева А.М. и др. (1974г.), Кунина Н.Я. и др. (1984г.) в основании Северо-Устьюртского региона залегают стабильные глыбы докембрийской либо раннепалеозойской консолидации. Во внутренних районах, на северном и южном бортах Северо-Устьюртской впадины под мезо-кайнозойским осадочным чехлом залегают в разной степени дислоцированные комплексы пород верхнепалеозойского промежуточного структурного этажа.

**Центрально-Устьюртская система дислокаций** обособляется на южном фланге Северо-Устьюртского региона и характеризуется линейно-вытянутыми интенсивными максимумами гравитационного поля, ориентированными в северо-западном (герцинском) направлении с напряженностью локальных гравитационных аномалий до 16 мГал, генезис которых, по-видимому, связан с поднятием палеозойских образований и сокращением толщины пермо-триасовых комплексов пород, вплоть до выклинивания в сводовых частях положительных структур.

В геомагнитном поле здесь выделяются линейно-вытянутые в северо-западном направлении зоны локальных максимумов с интенсивностью до 10 нТл и более, видимо, связанные с основными интрузивными породами, внедрившихся по глубинным разломам большой протяженности и глубины заложения.

Морфология структурных элементов по поверхности фундамента соответствует ориентации гравитационных и магнитных аномалий, а между глубиной залегания фундамента и значениями аномалий геофизических потенциальных полей наблюдается прямая согласованность. Коэффициенты корреляции между аномалиями геомагнитного поля и фундамента (0.8), аномалиями гравитационного поля и фундамента (0.7) достигают здесь экстремально высоких величин. Коэффициент корреляции между аномалиями гравитационного и магнитного полей составляет 0.5 (рис. 1).

Это однозначно свидетельствует в пользу того, что положительным формам в рельефе поверхности фундамента соответствует увеличение напряженности гравитационных и геомагнитных аномалий. Вместе с тем, не во всех случаях рост напряженности гравитационных аномалий сопровождается увеличением интенсивности магнитных аномалий, что свидетельствует в пользу того, что гравитомангнитовозмущающие объекты не во всех случаях пространственно совпадают друг с другом.



**Рис. 1.** График коэффициента корреляции по максимальным значениям

Отличительная особенность Центрально-Устьюртской системы дислокаций (протяженностью свыше 70 км) – это отчетливая линейная вытянутость в запад-северо-западном направлении и осложненность структурного плана валообразными поднятиями и прогибами [1].

Время образования этого тектонического элемента принято считать палеозойским [2]. На её юго-востоке (в районе Айбугирской антиклинали) глубина залегания складчатого основания по сейсмическим данным определяется в 1800- 2000 м. Далее, на юго-востоке, эта системы дислокаций сочленяется с хребтом Султануиздаг.

В платформенном мезо-кайнозойском покрове собственно Центрально-Устьюртскому поднятию соответствует обширное щитовидное поднятие, осложненное Айбугирской и Кохбахтинской антиклиналями, а также более мелкими, по периметру ограниченные разломами.

На севере и северо-востоке Центрально-Устьюртская система дислокаций ограничивается соответственно Северо-Устьюртским и Барсакельмесским прогибами, на юге – Южно-Мангышлакской впадиной.

Западное продолжение этой системы поднятий все еще остается дискуссионным. В литературе обсуждаются два варианта. Согласно первому - это поднятие имеет продолжение в районе Бузачинского свода, второй - предусматривает объединение Центрально-Устьюртской системы дислокаций и Горного Мангышлака (Тюбкараган-Каратауская мегантиклиналь) в единую систему поднятий.

Опуская подробности анализа этих вариантов, не являющихся целью настоящей статьи, по видимому, Центрально-Устьюртская система дислокаций, Горный Мангышлак и Бузачинское поднятие в структурно-формационном и историко-геологическом аспектах – это разные тектонические элементы, не подлежащие объединению ни по одному из вышеотмеченных вариантов.

**Бузачинский свод** выделяется на западном фланге Северо-Устьюртского региона и проявляется субизометричными либо слегка вытянутыми в субширотном направлении максимумами аномалий гравитационного поля напряженностью до 12 мГал. Причем по периметру этого свода наблюдаются высокоградиентные зоны смены знака гравитационных аномалий, являющихся отображением интенсивных надвиговых деформаций, затронувших осадочный чехол и консолидированную кору. По сейсмическим данным при средней глубине поверхности фундамента порядка 4,5-5 км, амплитуды отдельных положительных и отрицательных структур достигают 1-2,5 км.

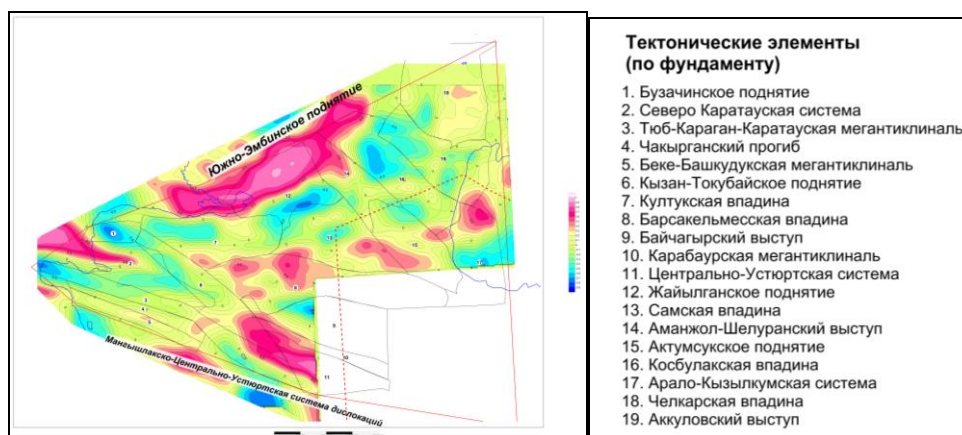


Рис. 2. Схема коэффициента корреляции гравитационного и магнитного полей

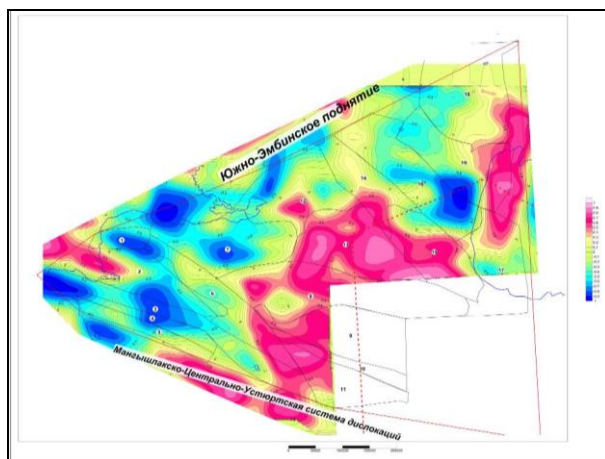


Рис. 3. Схема коэффициента корреляции магнитного поля и поверхности фундамента  
Названия тектонических элементов приведены на Рис. 2

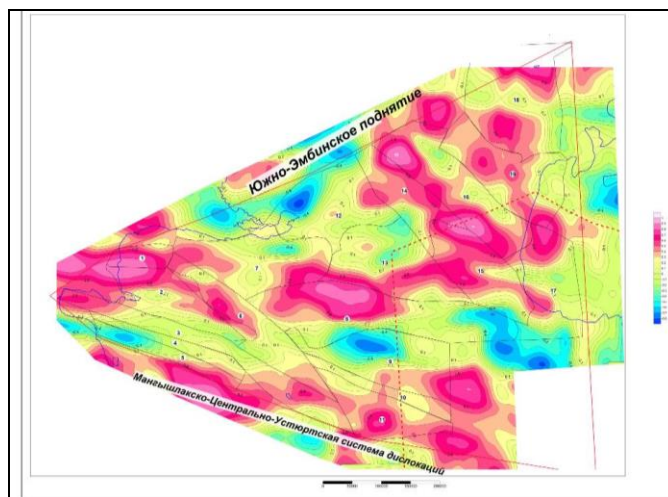


Рис. 4. Схема коэффициента корреляции гравитационного поля и поверхности фундамента  
Названия тектонических элементов приведены на Рис. 2

Природа гравитационных аномалий может быть связана с магматогенными образованиями, продуктами вулканической деятельности (извержение лав основного состава), участвующими в формировании фундамента.

Геоманнитное поле Бузачинского свода характеризуется чередованием мозаичных отрицательных и положительных магнитных максимумов (с интенсивными аномалиями от +2 до -2 Нтл), без четкой их пространственной ориентированности и без очевидной зональной ориентации.

Бузачинский свод выделяется минимальными для всего Север-Устьюртского региона значениями коэффициентов корреляции между интенсивностью гравитационных и магнитных аномалий и глубиной погружения фундамента.

Коэффициент корреляции между интенсивностью магнитных аномалий и положением поверхности фундамента составляет всего 0.2 (рис. 1; 3), тогда как этот коэффициент между напряженностью гравитационных аномалий и глубиной залегания фундамента составляет 0.3 (рис. 1; 4). Можно предположить, что большая часть локальных грави- и магнитовозмущающих масс Бузачинского свода находятся не в составе фундамента.

**Горный Мангышлак.** Обособляется в форме узких (порядка 20 км) и протяженных (до нескольких сот км) мегантиклиналей. В гравитационном поле Горного Мангышлака проявляются линейно-вытянутые положительные экстремумы (интенсивностью +28+30 мГал), генетически связанные с образованиями складчатого пермо-триаса большой мощности [2].

Между гравитационным полем и структурно-морфологическими элементами фундамента наблюдается прямое соответствие (с коэффициентом корреляции 0.7), т. е. направление гравитационных аномалий в целом совпадает с простираемостью структур фундамента, а между глубиной залегания последнего и значениями аномалий силы тяжести наблюдается прямая зависимость - максимумы силы тяжести отвечают поднятиям, а минимумы - впадинам.

В соответствии с этим распределением коэффициент корреляции между аномалиями гравитационного и магнитного полей увеличен до 0.8 (рис. 1; 2). Следовательно, можно говорить о пространственном совпадении гравитационных и магнитных аномалий, а также о прямых корреляционных связях между увеличением напряженности аномалий гравитирующих масс и воздыманием рельефа фундамента.

Коэффициент корреляции между напряженностью геомагнитных аномалий и поверхностью фундамента снижен до 0.5 (рис. 1; 3), что индицирует вероятное размещение части магнитовозмущающих объектов выше пород фундамента.

**Южно-Эмбинское поднятие.** Обособляется на северном фланге Северо-Устьюртского региона. Это узкая инверсионная структура простирается в северо-восточном направлении и разделяет Прикаспийскую впадину и Северо-Устьюртский массив. В его осевой части под отложениями юры с стратиграфическим и угловыми несогласием залегают верхнепалеозойские породы [3].

В осевой части Южно-Эмбинского поднятия поверхность фундамента заглублена до 12.0-13.0 км, тогда как на флангах этого поднятия она фиксируется на глубинах 9.0-10.0 км.

В современном тектоническом плане Южно-Эмбинское поднятие представлено северо-западной приподнятой зоной палеозойских отложений и юго-восточной зоной погребенных герцинид, где непосредственно под пермо-триасовой толщей залегают древние доживетские складчатые образования, являющиеся юго-западным продолжением образований Уралтауской зоны [4].

Южно-Эмбинское поднятие в гравитационном и геомагнитном полях проявляется в виде системы линейно-вытянутых экстремумов, ориентированных в северо-восточном направлении. Напряженность аномалий гравитационного поля 2-8 мГал. Интенсивность магнитных аномалий здесь достигает 8-10 нТл и более.

Своим генезисом гравитационные и магнитные аномалии обязаны широкому развитию в разрезе палеозоя массивов основных и ультраосновных пород (эффузивов силура – среднего девона и гипербазитов среднего девона) [5].

Вместе с тем, коэффициент корреляции между магнитовозмущающими объектами и глубиной погружения фундамента снижен до 0.5 (рис. 1; 3) и убедительным образом свидетельствует, что часть этих объектов расположена в составе северо-западной, приподнятой зоной палеозойских отложений.

Коэффициент корреляции между напряженностью гравитационных аномалий и поверхностью фундамента увеличен до 0.7 (рис. 1; 4), что свидетельствует в пользу глубокого погружения гравитирующих масс, во всяком случае глубже поверхности фундамента.

Коэффициент корреляции между напряженностью гравитационных и магнитных аномалий снижен до 0.4 (рис. 1; 2) и указывает на генетическое различие в расположении грави- и магнитовозмущающих масс.

Арало-Кызылкумский вал расположен на восточном фланге Северо-Устюртского региона, в полосе развития Урало-Оманского линиямента - тектонического шва древнего заложения. Этот вал отмечается линейно-вытянутой субмеридиональной системой максимумов гравитационного поля с напряженностью аномалий до 12 мГал.

В геомагнитном поле здесь выделяются линейно-вытянутые в субмеридиональном направлении отрицательные аномалии с напряженностью от -1 до -5 нТл по всей видимости связанные с приближением к дневной поверхности палеозойских и докембрийских образований, пронизанных основными интрузиями. Этот вывод также находит подтверждение в увеличенных значениях коэффициента корреляции (0.7) между напряженностью аномалий геомагнитного поля и поверхностью фундамента (рис. 1; 3).

В структуре мел-кайнозойских отложений Арало-Кызылкумский вал вырисовывается как типичное поднятие, а по триасовым и верхнепалеозойским - это прогиб который интенсивно прогибался в досреднеюрское время [6].

Видимо этим фактором можно объяснить сокращенные значения коэффициента корреляции (0.3) между напряженностью аномалий гравитационного поля и глубиной погружения фундамента (рис. 1; 4), а также минимальными для всего Северо-Устюртского региона значениями (0.2) корреляции гравитационных и магнитных аномалий (рис. 2).

Северо-Устюртская система прогибов образована Самским и Косбулакским прогибами, Култукской впадиной, при широком разнообразии локальных структур в размерах, простирании, ограничений разломной тектоникой и т.п.

Эта система прогибов характеризуется увеличением мощности практически всех выделяемых по данным сейсморазведки и бурения комплексов пород, глубоким погружением фундамента и специфическим его составом; отличается крутым погружением бортов, грабенообразным строением и четкими разломными ограничениями.

В основании осадочного чехла этой системы прогибов залегают отложения промежуточного структурного этажа, сложенные терригенными и карбонатными отложениями нижней перми, карбона и верхнего девона.

Фундамент Северо-Устюртской системы прогибов по всей вероятности погружен до глубины 10-12 км и более. Наблюдаемая спокойная тектоника осадочного чехла и промежуточного структурного этажа свидетельствует о том, что Северо-Устюртская система прогибов представляет собой глубокопогруженный срединный массив, представленный глыбами докембрийской или раннепалеозойской консолидации [7].

Данный вывод косвенно подтверждается экстремально высокими для Северо-Устьюртского региона значениями корреляции напряженности гравитационных и магнитных аномалий (0.9) (рис. 1), интенсивности гравитационных аномалий и глубины погружения фундамента (0.8) (рис. 1), напряженности аномалий геомагнитного поля и поверхности фундамента (0.6) (рис. 3).

Северо-Устьюртская система прогибов достаточно отчетливо обособляется от окружающих структур слабоотрицательным мозаичным гравитационным полем (локальные аномалии имеют полигональные формы интенсивностью -6 -14 мГал).

Напряженность аномалий геомагнитного поля варьирует в интервале -1-5 нТл. При этом ориентация изодинам коррелируется с ориентацией структур по поверхности фундамента, которые, в целом, характеризуются отсутствием линейной складчатости.

Отличительным признаком является несоответствие простирания этой системы геомагнитных аномалий со структурным планом перекрывающих комплексов осадочного чехла и промежуточного структурного этажа, что свидетельствует о наложенном характере последних.

К югу от Северо-Устьюртской системы прогибов, по сложной системе крупноамплитудных разломов фундамент резко воздымается до глубин 6-8 км в Кызан-Токубайском поднятии и Актумсукской системе дислокаций, а также к западу - до 4-6 км на Бузачинском своде.

К северу структуры по поверхности фундамента Северо-Устьюртской системы прогибов без видимых осложнений прослеживаются в пределы Южно-Эмбенского вала.

В целом, для бортовых зон Северо-Устьюртской системы прогибов переход от складчатых систем по отложениям верхнего палеозоя происходит постепенно и граница между ними достаточно условна. В связи с чем, предполагается увеличенная степень деформированности и дислоцированности верхнепалеозойских отложений бортовых зон этой системы прогибов.

**Челкарский прогиб** вытянут в субмеридиональном направлении и обособляется на северо-восточном фланге Северного Устьюрта. В рельефе поверхности фундамента он вытянут в субмеридиональном направлении и имеет размеры 140-150х 45—50 км. На севере ширина прогиба возрастает до 90 км.

На востоке он сочленяется со смежными выступами по разломам. Его западная граница с Чушкакульским поднятием проходит примерно по изогипсе поверхности фундамента -2 км. На юге границы Челкарского прогиба проведены по смене простираний структурных форм поверхности фундамента.

Глубина залегания фундамента в этом прогибе составляет 4-6км. Суммарная мощность третичных и меловых отложений в осевой части прогиба достигает 3200 м.

В поле силы тяжести Челкарский прогиб проявляется максимумами гравитационных аномалий (2-4 мГал, редко более).

Коэффициент корреляции между напряженностью геомагнитного поля и глубиной залегания поверхности фундамента здесь минимальный (0.2) (рис. 3), что, фактически, свидетельствует о их слабой корреляции, обусловленной, по-видимому неточностью определения положения фундамента либо тем, что часть магнитовозмущающих масс расположена выше поверхности фундамента.

Коэффициент корреляции напряженности аномалий гравитационного и геомагнитного полей составляет 0.4 (рис. 2), что рассматривается как критерий слабой зависимости плотностного разреза от внедрения магматогенных тел – источников магнитных аномалий. Коэффициент корреляции напряженности аномалий гравитационного поля и фундамента увеличен до 0.6 (рис. 4), что свидетельствует о внедрении плотных гравитирующих тел в осадочный чехол, либо о недостаточно корректном положении поверхности фундамента.

**Актумсукская система дислокаций** на юге, севере и западе соответственно граничит с Барсакельмесским, Косбулакским и Самским прогибами, а на востоке протягивается по акватории Аральского моря до Арало-Кызылкумского вала.

Эта система дислокаций вытянута широтно на 200 км, при ширине до 70 км и ограничена глубинными разломами. Мощность всех секций разреза изменяется плавно, постепенно увеличиваясь на склонах поднятия. Актумсукская система дислокации четко выделяется по юрским и более молодым образованиям платформенного чехла. Глубина залегания фундамента здесь изменяется в широком диапазоне (от 7,5 км до 9,0-12,5 км) и по мнению отдельных исследователей (Акрамходжаев и др., 1974) отражает погребенное палеозойское складчатое основание [8].

С некоторыми оговорками этот тектонический элемент можно рассматривать как мобильный угол в теле Туранской платформы.



Актумсукская система дислокаций в поле аномалий силы тяжести выражена гравитационным максимумом с напряженностью до 4 мГал. Интенсивность аномалий геомагнитного поля Актумсукского поднятия варьирует в широких пределах и изменяется в пределах 0-10 нТл.

Допускается, что гравитационные максимумы и геомагнитные минимумы этой системы дислокаций связаны с массивами ультраосновных и основных пород доживетского комплекса [3]. В наглядной форме это демонстрируется увеличенными значениями коэффициентов корреляции (0.7) между аномалиями напряженности гравитационного и геомагнитных полей и глубиной погружения поверхности фундамента.

**Барсакельмесский прогиб** с юга и севера ограничен соответственно Центрально-Устьюртской и Актумсукской системами дислокаций, с востока и запада - Куаныш-Коскалинским и Байчагыр-Яркимбайским выступами. Предполагается, что фундамент Барсакельмесского прогиба сформирован докембрийскими породами и палеозойскими образованиями [1].

Платформенные отложения (толщиной до 3500м), выполяющие этот прогиб, аналогичны осадочному чехлу Северо-Устьюртской системы прогибов. Различие в разрезах состоит лишь в толщинах основных стратиграфических единиц.

По поверхности фундамента Барсакельмесский прогиб представляет собой сложно- построенную асимметричную отрицательную структуру с крутым северным и пологим южным бортами. Глубина залегания фундамента колеблется от 4 (Агыйнский свод) до 7 км (Аланский прогиб), что обусловлено изменением мощности доюрских отложений [1].

Барсакельмесский прогиб обособляется минимумом аномалий силы тяжести напряженность до - 6 мГал. Ориентация аномалий гравитационного поля здесь не поддается зональному районированию.

Коэффициент корреляции напряженности аномалий гравитационного поля и поверхности фундамента увеличен до 0.8 (рис. 4), что объективно позиционирует последнюю в геологическом разрезе Барсакельмесского прогиба.

Коэффициент корреляции аномалий гравитационного и геомагнитных полей составляет 0.5 (рис. 2), что указывает на частичное несовпадение в ориентации грави- и магнитовозмущающих масс. Коэффициент корреляции напряженности аномалий геомагнитного поля и поверхности фундамента также составляет 0.5 (рис. 1; 3), что показывает, что поверхность фундамента не во всех случаях контролирует расположение магнитовозмущающих объектов.

**Байчагыр-Яркимбайский выступ** - крупный положительный элемент, ограничивающий Барсакельмесский прогиб с запада и обладающий массивной конфигурацией и незначительными структурными осложнениями в структуре осадочных пород.

Южная, наиболее приподнятая часть Байчагыр-Яркимбайского свода, протягивается на 120 км вблизи Центрально-Устьюртского разлома. Здесь, строение Байчагыр-Яркимбайского свода осложнено узким (5-10 км шириной) приразломным прогибом с погружением фундамента до 4,0—4,5 км. На большей части этого свода поверхность фундамента и всех вышележащих горизонтов моноклинально погружается к северу.

Локальные аномалии гравитационного поля вытянуты в северо-западном и северо-восточном направлениях. Их интенсивность составляет 0+4,0 мГал.

Распределение коэффициентов корреляции напряженности аномалий геомагнитного поля и поверхности фундамента (0.7) (рис. 1; 3), а также напряженности аномалий гравитационного поля и фундамента (0.8) (рис. 4) свидетельствует о преимущественном развитии грави- и магнитовозмущающих масс в составе фундамента. Коэффициент корреляции напряженности гравитационных и магнитных аномалий снижен до 0.3 (рис. 1; 2), что указывает на несовпадение пространственного положения грави- и магнитовозмущающих масс.

Проведенные исследования по корреляции аномалий гравитационного и геомагнитного полей по структурным элементам, выделяемым по поверхности фундамента, дают основание для формулирования следующих выводов:

1. Центрально-Устьюртская и Актумсукская системы дислокаций, Горный Мангышлак и Южно-Эмбенский вал, Байчагыр-Яркимбайский выступ – эти крупные линейно-вытянутые подвижные блоки с герцинской складчатостью в гравитационном и геомагнитном полях обособляются экстремумами с увеличенной напряженностью.

Коэффициенты корреляции аномалий гравитационного и магнитных полей с поверхностью фундамента аномально увеличены, тогда как коррелируемость аномалий гравитационного и магнит-

ного полей снижена. Генетически подобное распределение коэффициентов корреляции, по-видимому, обусловлено интегральным эффектом от различной глубины погружения фундамента и разными направлениями геологической эволюции, а также связано с группой пород основного и ультраосновного состава реликтовой субокеанической коры, прорывающих дислоцированные и метаморфизованные комплексы осадочного чехла и промежуточного структурного этажа. В отношении нефтегазности эти блоки слабо- и бесперспективны.

2. На Бузачинском своде, Арало-Кызылкумском валу коэффициенты корреляции между интенсивностью гравитационных и магнитных аномалий и положением поверхности фундамента минимальны для всего Северо-Устюртского региона. Можно предположить, что большая часть локальных грави-и магнитовозмущающих масс этих тектонических элементов может быть связана с продуктами вулканической деятельности (извержение лав основного состава).

Бузачинский свод проявляется субизометричными либо слегка вытянутыми субширотными максимумами аномалий гравитационного поля, в геомагнитном поле - характеризуется мозаикой отрицательных и положительных магнитных максимумов. Арало-Кызылкумский вал отмечается линейно-вытянутыми субмеридиональными системами максимумов гравитационного поля и минимумами геомагнитного поля.

Причем по периметру этих тектонических элементов наблюдаются высокоградиентные зоны гравитационных и магнитных аномалий, являющихся отображением интенсивных надвиговых деформаций, затронувших осадочный чехол и консолидированную кору. Перспективы нефтегазоносности этих тектонических элементов нуждаются в дальнейшем изучении.

3. Внутренние районы Северо-Устюртского региона (одноименная система прогибов, Барсакельский прогиб) выделяются увеличенной глубиной погружения фундамента (до 13 км), мощной толщей рыхлых осадочных пород и промежуточного структурного этажа, приуроченных к стабильным глыбам с раннепалеозойским или докембрийским возрастом консолидации. Эти районы достаточно отчетливо обособляются от окружающих структур слабоотрицательным мозаичным гравитационным полем (локальные аномалии имеют полигональные формы). При этом ориентация изодинам коррелируется с ориентацией структур по поверхности фундамента, которые, в целом, характеризуются отсутствием линейной складчатости.

Отличительным признаком является несоответствие простирания этой системы геомагнитных аномалий со структурным планом перекрывающих комплексов осадочного чехла и промежуточного структурного этажа, что свидетельствует о наложенном характере последних. Данный вывод косвенно подтверждается экстремально высокими для Северо-Устюртского региона значениями корреляции напряженности гравитационных и магнитных аномалий и глубины погружения фундамента.

Результаты проведенных исследований по выявлению корреляционных связей между напряженностью гравитационных и магнитных аномалий и глубиной погружения фундамента свидетельствуют, что грави-и магнитовозмущающие объекты внутренних районов Северо-Устюртского региона выделяются в составе фундамента, погруженного на значительные глубины и перекрытого мощными толщами слабодислоцированных комплексов осадочного чехла и промежуточного структурного этажа, что рассматривается в качестве благоприятного фактора при анализе перспектив нефтегазоносности этого региона.

В отдельных секторах Северо-Устюртского региона раннепалеозойской или докембрийской консолидации наблюдаются мобильные углы, глубоко проникающие вглубь этого массива (Актумсукская система дислокаций, Байчагыр-Яркимбайский выступ и т.п.).

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бабаджанов Т.Л., Кунин Н.Я., Лук-Зильберман В.И. Строение и нефтегазоносность глубокопогруженных комплексов Средней Азии по геофизическим данным. - Ташкент: Фан, 1986. - 190 с.
- [2] Неволин Н.В. Тектоника Устюрта // Геология нефти и газа. - 1958. - № 07. - С. 12-18.
- [3] Ли Юн Хун. Геологическое строение и перспективы нефтегазоносности юго-восточного борта Прикаспийской впадины и ее обрамления. - М.: МГУ, 2006. - 152 с.
- [4] Кан В.П., Тропп Е.Б. Глубинное строение северо - восточной части Южно-Эмбинского поднятия в свете новейших сейсмических данных МОГТ // Геология нефти и газа. - 1996. - № 5.
- [5] Кунин Н.Я., Сапожников Р.Б. К вопросу о тектонике, перспективах нефтегазоносности и природе магнитных и гравитационных аномалий Южно-Эмбинского района // К проблеме связи Урала и Тянь-Шаня. - Алма-Ата: Наука, 1969.

- [6] Парагульгов Х.Х., Куанышев М.А., Фазылов Е.М. Особенности строения и перспективы нефтегазоносности северо-востока Аральского бассейна // Известия НАН РК. – 2008. - № 06. – С. 70-79.
- [7] Милановский Е.Е. Геология России и ближнего зарубежья (Северной Евразии). – Учебник – М.: МГУ, 1996. – 448 с.
- [8] Акрамходжаев А.М., Гринберг И.Г., Сухинин В.Г., Юлдашев Ж.Ю., Валиев А.А. Нефтегазоносность Северо-Устьуртской впадины. – Ташкент: Фан, 1974. – 81 с.

Абетов А.Е., Ниязова А.Т., Абетова С.А.

**Солтүстік Үстірт аймағының ірі геоқұрылымдарының гравитациялық және геомагнитті өрістері аномалияларының корреляциясы**

**Түйіндеме.** Гравикалық пен магниттік өрістердің және іргетастың корреляциялық байланыстарын анықтауға орындалған зерттеулердің нәтижесі, грави және магниттік нысаналар Солтүстік Үстірт өңірінің ішкі аудандарының іргетас құрамында бөлінеді, белгілі тереңдікке жүктелген және нашар дислокацияланған кешендер шөгінді қабат пен аралық құрылымның қалың қабаттарымен қапталған, бұл осы өңірдің мұнайгаздылық келешегінде қолайлы фактор ретінде қарастырылады.

Солтүстік Үстірт жақтауы бойынша ірі сызықты созылған герциниялық қатпарлы жылыжымалы блоктар жекеленген, мұнда гравикалық және магниттік өрістерінің аномалияларының және іргетастың корреляция коэффициентінің таралуы мұнда көбінесе жергілікті гравикалық және магнитті массалар іргетастың құрамында емес және дислокацияланған мен метаморфталған кешендер шөгінді қабат пен аралық құрылымды теседі.

**Түйін сөздер.** Солтүстік Үстірт, гравитациялық өріс, геомагниттік өріс, іргетас, корреляция коэффициенті.

Abetov A., Niyazova A., Abetova S.

**Correlation of anomalies gravitational and geomagnetic fields within major geostuctures of North Ustyurt region**

**Summary.** Results of the provided studies of identification correlation conjunction between gravity and magnetic anomalies and basement indication, that gravity and magnetic objects of internal areas stand out on basement composition, submerged to considerable depth and overlapped by powerful weakly dislocated complexes of the sedimentary cover and intermediate floor, which is considered as a favorable factor in analyzing of oil and gas prospects of this region.

By frame of the North Ustyurt region separated major linearly extended mobile blocks with Hercynian folding, where distribution of correlation coefficients of the anomalies gravity and magnetic fields and basement shown that most part of local gravity and magnetic masses is not in the basement and breaks dislocated and metamorphosed complexes of sedimentary cover and and intermediate floor. In oil and gas potential this blocks weak and prospectless.

**Key words.** North Ustyurt, gravitational field, geomagnetic field, basement, correlation coefficient.

УДК 553.3/04

**T.S. Ibyrkhanov**

(КазНУ им. Аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан)

**MODERNIZATION OF THE METHOD OF COUNTING INDUSTRIAL RESERVES OF SOLID MINERAL RESOURCES**

**Annotation:** The need to bring the classification of reserves in accordance with the international classification is considered. In addition to the aspect of geological study of the deposit, it is proposed to consider the economic aspects of the estimated reserves when identifying the categories of reserves. The main advantage of the UN framework classification is that it allows for the integration of various national classifications, reduces the risk of incorrect integration of certain national terms and bring them to international standards.

**Key words:** solid minerals (SM), hydrocarbon raw material of hydrocarbon resources(HRM), reserves (R), reserves estimation (SCMR), The State Commission on Mineral Reserves.

The country has worked for more than 20 years to strengthen its sovereignty and political weight. Twenty years later, this goal was achieved. The formation period was successfully completed. Kazakhstan in the beginning of the XXI century is independent and self-confident. Changes that take place in the world under the influence of a protracted global crisis do not frighten us. We are ready for them. Now our task is to preserve all that we have achieved during the years of sovereignty, to continue sustainable development in the 21st century.

Our main goal is to create a welfare society in 2050 on the basis of a strong state, a developed economy and opportunities for universal labor. A strong state is especially important for ensuring conditions for accelerated economic growth.

A strong state does not pursue a policy of survival, but a policy of planning, long-term development and economic growth. In pursuance of the instructions of the Head of State, it is envisaged to implement specific steps in the mining sector to reform the industry and introduce advanced technologies. In particular, the implementation of the 74th step - "Increasing the transparency and predictability of the subsoil use sector through the introduction of the international reporting system for solid mineral reserves CRIRCO and hydrocarbon reserves," and the 75th step - "Introduction to all minerals of a simplified method of confinement contracts, using the best world practice "[1].

The development and strengthening of the mineral resource base of the Republic of Kazakhstan is largely due to the reasonableness and reliability of mineral reserves and the levels of their extraction. At the same time, it is necessary to proceed from the simple accounting of stocks on the balance sheet to the creation of an instrument, allowing to manage stocks and implement strategic planning. It is this goal that forms the basis for reforming the classifications of both hydrocarbons and solid minerals (SM), which, in addition to changing the categories of stocks and their quantitative approximation to current realities, also include organizational changes in the structure of inventory management.

The current classification does not provide objective planning of production levels and the need for mineral resources for the medium and long term, and also does not allow efficient management of reserves accounted for by the State Balance and, accordingly, does not create conditions for dialogue between the state and the subsoil user. As an example, given the existing prices for mineral resources, the current tax system and the existing infrastructure, most of the reserves of the undistributed subsoil fund can not be involved in development due to the economic inexpediency of their development, this does not take into account the classification. In addition, when developing deposits on technical development projects, based on available technologies, a significant part of the reserves - up to 40-50% - can remain in the bowels in the form of operational losses, losses in security zones, etc. The volume of recoverable reserves is not approved by the state.

At the same time, the international stock assessment system, the CRIRSCO template, is focused only on attracting investments, protecting the investor and maximizing the profit of the subsoil user. International standards of assessment do not take into account the interests of the state as the owner of the subsoil in terms of their rational use. Therefore, there was a need to develop a new classification that would allow efficient management of subsoil, bearing in mind primarily the creation of a site that would encourage subsoil users to efficiently and rationally develop subsoil resources.

In accordance with the concept for the modernization of the Classification of Reserves the Projected Resources of SM and the Government's Directive, a working group was established to prepare a new classification of reserves. The main fundamental difference of the new classification is that it introduces the concept of recoverable reserves, which will be determined by the results of calculations performed in the project document for the development of deposits. Thus, on the one hand, we are taking a decisive step in bringing Kazakhstan and international classifications closer together, on the other - and this is perhaps even more important, we determine the real raw material base of the SM, on the basis of which it is possible to build state policy both in the reproduction of the mineral resource base, and if necessary to stimulate the development of mineral raw materials.

The final goal of the new classification for both HRM and SM should be the preparation of a basis for the development of scenarios of state behavior, including with regard to the provision of scientifically sound preferences to subsoil users depending on the conjuncture of the external and internal markets.

At the moment, 3 variants of classification are prepared. [2]

The first version was developed on the basis of the current Classification of reserves and resources with more correct compatibility with the CRIRSCO template. It is based on an evolutionary principle that allows changing the current classification without changing fundamentally fundamental principles - the complexity of the geological structure, the study and industrial development, which allow for a more simple revaluation of reserves accounted for by the state balance and the forecast resources of the SM.

The second option is more radical. It is based on the CRIRSCO template, which abolishes the concept of the complexity of the geological structure of the deposit and the degree of its geological study.

When considering the two options, the members of the working group and the territorial bodies gave numerous and sometimes mutually exclusive proposals and comments on improving the presented versions

of the Classifications. Opinions were divided. Most of the proposals received supported the first option - 13 proposals, for the second option - 6, leave the current Classification - 2 and go to the CRIRSCO - 1 template.

Based on the results of proposals and comments received, a third version of the Reserves Classification was developed, which, if possible, included the best of the two options, including:

1. The term "recoverable reserves" is introduced in the classification, in which two categories are distinguished: proven R1 and probable R2. and others.
2. The concept of the "developed" deposit is defined.
3. The restrictions on the industrial category of SM reserves by the degree of geological study were significantly reduced;
4. The term "Conditional-balance" ("boundary-economic") reserves was removed from the classification.

A new classification of reserves and resources provides an improved mechanism for the relationship between the state and the subsoil user:

- The volume of recoverable reserves corresponds to certain technical project for the development of deposits;
- recoverable reserves are harmonized with the international CRIRSCO system and can be used as a basis for making decisions on investments in development of the field;
- medium- and long-term planning of production levels and the needs of the national economy in mineral resources are ensured;
- allocation of the category "recoverable reserves" of the field, their expertise and statement on the State balance;
- Preservation of continuity and comparison of the current and new Classification, as well as the basic principles of study, the complexity of the geological structure and the industrial significance of deposits;
- creation of conditions and a platform for dialogue between the state and subsoil user.

We hope that the new classification of reserves and resources of SM will significantly improve the mechanisms of interaction between the state and business in subsoil use.

Creation of the basis of the international classification.

The creation of a unified world classification system of reserves / resources is of great importance both for developed countries that seek access to mineral wealth of other countries, and for countries with economies in transition that try to attract foreign investment in their mining sector.

Various approaches have been taken in this direction: from proposals to declare any national classification of reserves / resources international (JORC code, Australia) before attempting to develop a set of new terms and replace them with current national terms and definitions (UN 1979).

However, the classification terms and concepts used in individual countries are based on so deeply rooted geological exploration traditions that it was not possible to replace them with anything else.

This is especially true for countries that have many years of successful experience in geological exploration and a fairly advanced classification of reserves / resources (SCMR); Of course, it is obviously inadvisable to introduce some new classification systems into the practice of their geological exploration.

Nevertheless, it is still necessary to identify their categories of reserves / resources with reserve / resource categories adopted in developed countries due to the inflow of foreign investment into the domestic mining industry and the creation of international mining companies.

Ensuring the harmonization of numerous classification systems that are used worldwide, based on a different principle and using different terms and definitions, is possible only with the help of a supranational basis for classification. And such a foundation was created. This is the UN Framework Classification of reserves / resources of solid fossil fuels and minerals. When it was created, the achievements of a number of Western metallurgical and mining institutes, opinions, proposals and wishes of the mining departments of more than 40 countries were used. In the work of the expert group on the finalization of the United Nations Framework Classification. [3]

A comparison of the categories of reserves accepted in the Republic of Kazakhstan with categories of the UN framework classification is given in the appendix to the classification of reserves and forecast resources of the State Reserves Committee of the Republic of Kazakhstan in the form of a summary table without any notes and explanations. From this table it is not clear what criteria are used for identification and coding of reserves / resources of the State Reserves Committee of the Republic of Kazakhstan with the cate-

gories of the UN classification and by what principle the encoding of the UN reserves / resources themselves is generally carried out.

In the present work, this issue, on the other hand, makes proposals for codification of reserves / resources and The State Commission on Mineral Reserves (SCMR).

Some moments of identification of the explored categories of stocks. The subdivision of explored reserves into three basic categories by degree of study and reliability is accepted in many countries of the world.

The Republic of Kazakhstan and other CIS countries are three categories (A, B, C). In the USA, England, Canada, Australia they roughly correspond to the following concepts: proven, probable, possible - or accepted since 1943 terms: measured, derived or calculated, presumed. For the first time the identification of our reserve categories (A, B, C) with foreign ones (measured, calculated, assumed) was proposed by V.M.Kreiter in 1961 [3].

With a polygonal method of calculating reserves, these three comparative pairs of categories of proven reserves actually meet each other according to their definitions and formulations, and in fact.

However, already in the classification of the reserves of the State Reserves Committee of the Republic of Kazakhstan (2001), this clear interpretation of the terms of measured, calculated and estimated reserves is beginning to change. Thus, the measured reserves are already simply category A, and the sum of category A + B; the calculated ones are not B, but category C1, and the reserves / resources category is connected to the expected reserves, it is not indicated [4].

It is clear that the identification of categories in the SCMR version of the RK is purely speculative, allowing a broad interpretation of it because it is limitedly applicable in practice.

Finally, now the approaches to the estimation of the terms of the reserves categories by geological study (measured, calculated and assumed) change in connection with the introduction of the practice of calculating the reserves of block modeling of deposits and applying the radius of influence (correlation radius, search ellipse)

The essence of the question is briefly. The deposit of a mineral is replaced by a certain number of block-cells of sufficiently small size. The content of a useful component in single cell blocks is estimated by a computational procedure called marginal, which, as it is believed in geostatistics, minimizes the random error in estimating the content in the cell blocks [4].

Naturally, the block-cells near the exploration workings (within, for example, 1/3 of the impact radius of the mine) have a smaller error in estimating the average than those farther away from it, and therefore the reserves calculated on their basis have greater reliability (measured reserves). Single blocks that are further away (for example, from 1.3 to 2/3 of the radius of influence) are less reliable (calculated reserves). Finally, block cells, for example, outside the established radius of influence, give the least reliable reserves (estimated reserves) [3]. Proceeding from this, stocks, contoured on developments and meeting all the requirements of category A, with the control polygynous calculation of reserves, most likely, will consist of mainly measured and to a small extent from the estimated reserves. The polygonal contour of category B will contain approximately equal shares of measured and calculated reserves. In the polygonal contour of category C, the measured and expected reserves, which are mostly calculated and in small quantities, will be. In the category C contour there will be mainly expected reserves and in a small amount of calculated reserves. The ratios of these categories of reserves in individual contours of SCMR categories can be very different.

Geostatistics uses a mathematical apparatus of random functions that works well in a stationary and ergodic random process. These conditions are rarely observed in geological data sets and in exploratory samples, representing them [4].

As a result, as recently happened in the block counting of one stock work deposit in Kazakhstan, the estimate of the radius of influence can be greatly overestimated, the ore block cells will appear from scratch, category reserves, contoured and counted in a polygonal manner, begin to correlate little with the categories of reserves in the block model. Thus, at the stock work deposit, the highest (in terms of reliability) reserves (measured) in large quantities were noted not only in the lowest industrial category C, but also in the previously estimated contour C, as well as in the off-balance ore contour. Here the correct selection of the theoretical variogram is important, on the basis of which the computer program calculates the edge band weighting factors, and also how the geologist calculates and takes into account the nonstationary of the spatial distribution of mineralization, as estimates the radii of the influence of exploration data and the dimensions of the so-called search ellipse.



For each field, apparently, these indicators will be different, such as for example, the size of the exploration network varies with respect to different groups of field complexity. And, of course, we need a parallel polygonal method for outlining the ore deposit by the accepted categories of reserves and comparing it with the reserves of block categories. Then the allocation of categories of reserves in this field will be more reliable. From a small material obtained from the results of block modeling and identification of categories in the RK fields, it can be concluded that category A is 100% measured reserves / resources; category B - 80-90% measured and 10 - 20% - estimated reserves / resources; category C - 20-30% measured, 50 - 60% - calculated, 20 - 30% expected reserves / resources; category C - up to 5% measured, 10-20% - calculated, 75-90% expected reserves / resources. In addition, the aspect of geological and mining - technological study of the field in identifying the categories of reserves should.

Consider aspects of the economic study of the facility and the economic effectiveness of the estimated reserves.

The United Nations Framework Classification of Reserves / Resources for Solid Fuels and Mineral Resources provides opportunities for the successful identification and subsequent codification of national reserves / resources in all three aspects of the assessment. The main advantage of this classification is that it allows integration of various national classifications to compare the categories of reserves / resources, reduce the risk of misinterpretation of certain national terms, formulations and definitions and bring them to international standards.

#### REFERENCES

[1] The site of information realization of the presidential program "Kazakhstan-2050". <https://strategy2050.kz/en>

[2] The site of the Committee for Geology and Subsoil Use <http://geology.mid.gov.kz/en>

[3] The Australian Code for reporting on the results of exploration, mineral resources and ore reserves (JORC Code) 2006 - 242 p.

[4] Classification of reserves and forecasted resources of solid minerals. Kokshetau 2004 - From 121 to 188 p.

Ибырханов Т.С.

#### **Модернизация методики подсчета промышленных запасов твердых полезных ископаемых.**

**Резюме:** Казахстан обладает богатейшими природными ресурсами и имеет все возможности для качественного рывка и вхождения в число мировых лидеров, отметил Глава государства Нурсултан Назарбаев на открытии в Астане I Казахстанского международного конгресса по минеральным ресурсам и металлургии.

«Необходимо помнить, что эти ресурсы – невозобновляемые, и от того, как мы ими распорядимся, будет зависеть будущее страны, новых поколений», - подчеркнул президент РК.

Данной работой по модернизации методики подсчета запасов предусмотрено также совершенствование классификации запасов месторождений, в соответствии с международными стандартами, а именно CRISCO, что отвечает 74 и 75 шагу стратегии «Казахстана 2050».

Главное положительное отличие классификации в том, что она вводит понятие извлекаемых запасов, которые будут определяться расчетами, выполненными в проекте промышленной разработки месторождений. Тем самым происходит сближение Казахской и международной классификаций. Определяется реальная сырьевая база ТПИ, на основании которой можно выстраивать государственную политику как в области воспроизводства минерально сырьевой базы, так и при необходимости стимулирования разработки минерального сырья.

Итоговой целью предлагаемой классификации должна стать подготовка основы для разработки сценариев поведения государства, в том числе в отношении предоставления научно-обоснованных преференций недропользователям в зависимости от конъюнктуры внешнего и внутреннего рынка.

**Ключевые слова:** запасы, твердые минералы, углеводородное сырье углеводородных ресурсов, оценка запасов, Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых.

Ибырханов Т.С.

**Пайдалы кен қазбалардың өндірістік қор санау әдісінің модернизациясы.**

**Түйіндеме:** Қазақстан табиғи ресурстарға бай және сапалы серпіліс барлық белгілері бар және әлемдік көшбасшылардың бірі болып, Мемлекет басшысы Нұрсұлтан Назарбаев минералды ресурстар және металлургия бойынша Астанада Қазақстандық халықаралық конгрестің ашылу салтанатында сөз сөйледі.

«Бұл ресурстардың жаңарып отырғандығын және олардың қалай жойылатындығын еске түсіру керек, елдің болашағы, жаңа ұрпақтарға байланысты болады», - деді Қазақстан республикасының Президенті.

Қорларды есептеу әдісін жаңғырту бойынша бұл жұмысқорларды халықаралық стандарттармен, атап айтқанда «Қазақстан-2050» стратегиясының 74-ші және 75-ші қадамдарына сәйкес келетін CRISCO-ның жіктелуін жақсартуды көздейді.

Классификацияның негізгі оң айырмашылығы, ол өнеркәсіптік даму жобасында орындалған есептеулер мен анықталатын шығарылатын қорлар тұжырымдама сын енгізеді. Осылайша, қазақстандық және халықаралық классификациялар жақындап келе жатыр, ал одан да маңызды пайдалы қазба нақты шикі зат базасы, оның негізінде минералды-шикізат базасын жаңғырту кезінде, қажет болған жағдайда минералды шикізаттың дамуының таландыру үшін мемлекеттік саясатты да құруға болады.

Ұсынылған жіктеудің түпкі мақсаты сыртқы және ішкі нарықтар конъюнктурасына байланысты жер қойнауын пайдаланудың ғылыми негізделген артықшылықтарын қамтамасыз етуге қатысты мемлекеттік мінез-құлық сценарийлерін әзірлеуге негіз дайындау болып табылады.

**Түйінді сөздер:** қорлар, көмірсутек ресурстарының көмірсутегі қорлары, қорларды бағалау, пайдалы қазбалар қорлары жөніндегі мемлекеттік комиссия.

УДК 556.3:551.4:556.38

**В.И. Порядин<sup>1</sup>, Д.К. Аденова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина,

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева,

Алматы, Республика Казахстан

adenovadinara@gmail.com)

**ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВОДООБМЕНА ПРИТАШКЕНТСКОГО  
ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА**

**Аннотация.** Рассматривается конкретный пример оценки интенсивности водообмена инфильтрационно-этапа гидрогеологического цикла на хорошо изученном Приташкентском трансграничном водоносном горизонте. Сокращение запасов подземных вод может привести к истощению уникального водоносного горизонта – Приташкентского трансграничного водоносного горизонта. При дальнейшей интенсивной эксплуатации существует угроза ухудшения качества подземных вод Приташкентского трансграничного водоносного горизонта.

**Ключевые слова:** Приташкентский трансграничный водоносный горизонт, гидрогеохимические процессы, дейтерия, минеральная вода.

При всем разнообразии солености подземных вод – от пресных до крепчайших рассолов, ее формирование обусловлено двумя противоположно направленными гидрогеохимическими процессами – осолонения захороненных первичных седиментационных вод и их последующего рассоления: первый приводит к формированию рассолов (седиментационный и постседиментационные этапы гидрогеологического цикла), второй – к их опреснению (инфильтрационный этап гидрогеологического цикла).

Применение комплекса радиохимических и изотопных методов при исследовании вод нефтегазоносных бассейнов позволяет более надежно установить происхождение и характер движения подземных вод, гидродинамическую связь различных водоносных комплексов и пластов, положение областей питания и разгрузки, периоды древней инфильтрации и степень смешения поверхностных и седиментационных вод. [1].

Условия формирования различных по составу и степени минерализации подземных вод в области инфильтрационного гидродинамического режима и опреснения определяются в основном физико-химическими процессами в системе вода-порода, происходящими преимущественно по механизму

конвективной диффузии, описываемым следующим уравнением конвективной (фильтрационной) дисперсии:

$$\frac{c-c_0}{c'-c_0} = e^{-\frac{Q}{V}t}, \quad (1)$$

где  $V$  – объем воды в рассматриваемой водонапорной системе, равный эффективному объему порового пространства водоносной породы (статические запасы подземных вод, в первом приближении);  $Q(t)$  – количество инфильтрационных вод (атмосферных и поверхностных), поступающее в водонапорную систему в единицу времени, эквивалентное возобновляемым (динамическим) ресурсам подземных вод;  $t$  – время с начала инфильтрации;  $c(t)$  – текущее значение минерализации подземных вод;  $c'$  – первоначальная минерализация подземных вод;  $c_0$  – минерализация инфильтрационных вод; при  $t = 0$   $c = c'$ , а при  $t \rightarrow \infty$   $c \rightarrow c_0$  [2].

Аргумент показательной функции  $\frac{Q}{V}t = N$  – число циклов водообмена, так что формула (1) принимает более простой вид:

$$\frac{c-c_0}{c'-c_0} = e^{-N}. \quad (2)$$

Так как отношение  $\frac{V}{Q} = \tau$  – это период водообмена то формулу (1) можно записать в виде:

$$\frac{\tilde{n} - \tilde{n}_0}{\tilde{n}' - \tilde{n}_0} = a^{-\frac{t}{\tau}} \quad (3)$$

При  $t = \tau$  имеем:

$$\frac{c-c_0}{c'-c_0} = \frac{1}{e},$$

что соответствует  $N = 1$ , то есть одному циклу водообмена. Следовательно, за один цикл водообмена минерализация уменьшается в  $e = 2,718\dots$  раз (при  $c_0 = 0$ ).

Наиболее интересна возможность использования модуля инфильтрационного питания подземных вод, эквивалентного модулю подземного стока. Действительно, модуль питания равен объему инфильтрации во времени  $Q$ , отнесенному к площади инфильтрации (площади распространения водонапорной системы)  $F$ :

$$\mu(t) = \frac{Q}{F} \text{ или } Q = \mu(t)F,$$

а объем водонапорной системы связан с площадью распространения  $F$  и мощностью водонапорной системы  $H$ :

$$V = FH.$$

Следовательно

$$\frac{Q}{V} = \frac{\mu}{H}.$$

Таким образом, уравнение фильтрационной дисперсии принимает вид:

$$\frac{\tilde{n} - \tilde{n}_0}{\tilde{n}' - \tilde{n}_0} = a^{-\frac{\mu}{H}t}, \quad (4)$$

Показывающий уменьшение концентрации с ростом времени от начала инфильтрации, то есть увеличение темпа рассоления, при увеличении модуля подземного стока и уменьшении мощности водонапорной системы артезианской геоструктуры. Из этой формулы видно, что период водообмена определяется весьма просто:

$$\tau = 31.71 \frac{H}{\mu} \quad (5)$$

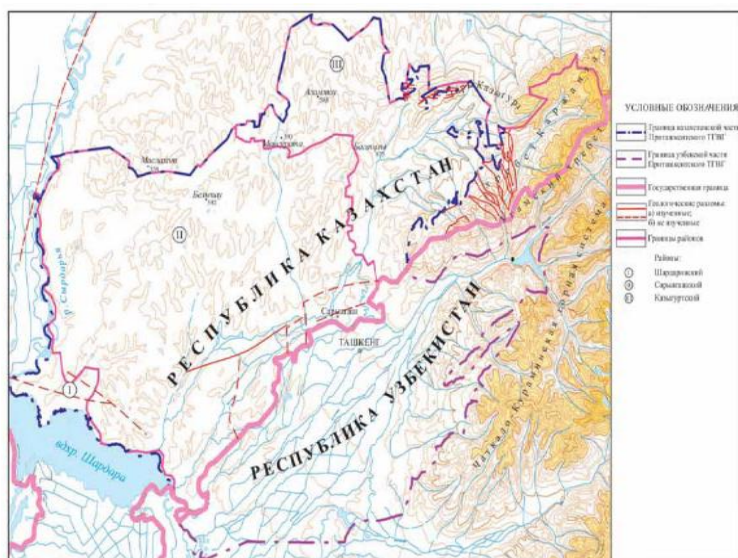
(при традиционных в гидрогеологии размерностях  $H$  [м] и  $\mu$  [л/с·км<sup>2</sup>]. Например, при  $H = 100$  м и  $\mu = 1$  л/с·км<sup>2</sup> период водообмена составит  $\tau = 3170,98$  лет, что соответствует одному циклу водообмена; при увеличении модуля в 10 раз цикл водообмена завершится в 10 раз быстрее, а при модуле в 10 раз меньше цикл водообмена будет происходить в 10 раз медленнее. Для размерностей  $H$  [мм] и  $\mu$  [мм/год] формула для определения периода водообмена  $\tau$  наиболее проста:

$$\tau = \frac{H}{\mu} \quad (6)$$

Рассмотрим конкретный пример оценки интенсивности водообмена инфильтрационного этапа гидрогеологического цикла на хорошо изученном Приташкентском трансграничном водоносном горизонте (Приташкентском ТГВГ), содержащем в казахстанской его части широко известную минеральную воду «Сарыагашская» [3].

Приташкентский ТГВГ (Приташкентский артезианский бассейн), разделяемый Казахстаном и Узбекистаном (рисунок 1), представляет собой уникальный источник глубоко залегающих пресных подземных вод в Центральной Азии, занимая юго-восточную часть обширного Сырдарьинского артезианский бассейн.

В геолого-структурном отношении Приташкентский ТГВГ представляет собой глубокий (до 3-3,5 км) предгорный прогиб, расположенный между орогенными областями Западного Тянь-Шаня и платформенными структурами Юго-Восточных Кызылкумов. В его пределах выделяются Келесская (казахстанская часть Приташкентского ТГВГ), Ташкентская и Ангренская впадины с глубиной залегания кровли палеозойских образований до 3,5 тыс. м.



**Рис.1.** Границы Приташкентского ТГВГ [3]

В геологическом строении изучаемого бассейна и его горноскладчатого обрамления принимают участие породы палеозоя, мезозоя и кайнозоя. Палеозойские образования в горном обрамлении представлены изверженными и осадочно-метаморфическими преимущественно терригенными породами.

Осадки мела в пределах описываемого бассейна развиты почти повсеместно и постепенно, с некоторым уменьшением в мощности, переходят в смежные артезианские бассейны Кызылкумов. С ними связаны напорные водоносные горизонты минеральных и термальных вод Приташкентского ТГВГ, широко используемые в бальнеологии. Вышележащие отложения кайнозоя представлены осадками палеогена, неогена и четвертичной системы.

Продуктивный водоносный верхнемеловой сеноманский комплекс  $K_{2s}$  средней мощностью 90 м представлен песчаниками, песками, гравелитами, конгломератами, глинами, аргиллитами, реже известняками. Высоконапорный (+29,5 м, в среднем) Приташкентский ТГВГ залегает на глубинах до 1900 м (1064 м, в среднем). Минерализация подземных вод составляет 0,4-1,5 г/л.

Разведанные и оцененные эксплуатационные запасы Сарыагашского месторождения подземных вод составляют 1464 м<sup>3</sup>/сут для Казахстана и 2044 м<sup>3</sup>/сут для Узбекистана. Воды горизонта используется для хозяйственно-питьевого водоснабжения, в бальнеологии и для бутилирования.

Изучение возраста подземных вод меловых отложений, предпринятое в 60-х годах 20-го столетия [3] показало, что в погруженных частях Ташкентской впадины развиты наиболее древние воды (до одного и более млн. лет). Как правило, они характеризуются увеличением, относительно стандарта, содержания дейтерия  $D=1,00-1,03$  (анализы выполнены в ВНИИЯГГ МГ СССР В.А. Сойфером, за единицу принят стандарт Московской водопроводной воды). Краевые части бассейна и северное крыло Приташкентской впадины, где меловые породы выходят на поверхность характеризуются водами с содержанием дейтерия 0,93-0,96, присущим для инфильтрационных вод, в которых дейтерия содержится около 0,90-0,93. В глубоко залегающих термальных водах, вскрытых скважинами (около 2 тыс.м), концентрация дейтерия повышенная (в среднем 1,02). Наибольшее содержание дейтерия в водах бассейна составляет 1,07. Учитывая, что в пластовых водах Приташкентского артезианского бассейна наблюдается смешение седиментационных и инфильтрационных вод, можно полагать, что первичная концентрация дейтерия в пластовых седиментационных водах была еще выше современных и примерно равнялась 1,1 [4].

Вместе с тем, необходимо учитывать и тот факт, что изотопный состав атмосферных осадков и подземных вод явно современного инфильтрационного происхождения отражает питание Приташкентского артезианского бассейна влагой воздушных масс континентального происхождения (низкие концентрации  $D$  и  $O^{18}$ ) в противовес высоким концентрациям  $D$  и  $O^{18}$ , присущим воздушным массам океанического происхождения [5].

При переоценке эксплуатационных запасов подземных вод Приташкентского ТГВГ (1983 г.), выполненной аналоговым моделированием на электроинтеграторе, осуществление калибровки модели и решение стационарной задачи относительно пьезометрического уровня позволило оценить суммарное питание Приташкентского ТГВГ площадью 301,8 км<sup>2</sup> в количестве 41,65 л/с или 3,845 мм/год. Общий объем питания в Казахстане с учетом питания вдоль разлома (8,8 л/с) составил 50,45 л/с, а модуль питания  $\mu = 4,657$  мм/год. Общий объем подземных вод в казахстанской части Приташкентского ТГВГ, рассчитанный как произведение площади водоносного горизонта (10 840 км<sup>2</sup>) на его эффективную мощность (90 м) и водоотдачу (0,1) равен 97,6 км<sup>3</sup> [3].

В период переоценки эксплуатационных запасов были проведены изотопные исследования подземных вод Приташкентского ТГВГ. В соответствии с их результатами «возраст» подземных вод, изливающихся из скважин в районе г. Сарыагаш, составил 6000 лет. Этот возраст хорошо соответствует времени продвижения подземных вод от зоны питания до площади эксплуатационного отбора при скорости потока 1,5 м/год.

Действительно, водоносный верхнемеловой сеноманский комплекс характеризуется низкой водопроводимостью  $5 \div 35$  м<sup>2</sup>/сутки, его упругая водоотдача составляет  $4,36 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>/сутки, а коэффициент фильтрации не превышает 0,4 м/сутки при пористости не более 0,1. Таким образом скорость потока подземных вод Приташкентского ТГВГ при градиенте фильтрационного потока не более 0,001, оценивается в  $0,001 \cdot 0,4/0,1 = 4 \cdot 10^{-3}$  м/сутки = 1,5 м/год [3].

Проведем оценки периода водообмена по выражению (6). Для приведенных в работе величин мощности Приташкентского ТГВГ  $H = 9000$  мм (мощность горизонта 90 м; водоотдача 0,1; и питания Приташкентского ТГВГ  $\mu = 3,845$  мм/год период водообмена согласно формуле (6) составит:

$$\tau = 2340,7 \text{ лет,}$$

а для варианта общего объема питания  $\mu = 4,657$  мм/год (50,45 л/с) период водообмена согласно формуле (6) равен:

$$\tau = 1932,4 \text{ лет.}$$

Как видим, порядок расчетных величин периода водообмена и «возраста» подземных вод по данным изотопных исследований Приташкентского ТГВГ совпадает, что является, несомненно, свидетельством достоверности теоретического подхода [6] к оценке «возраста» подземных вод, представленного выше. Несомненным является и тот факт, что «возраст» различен и в пределах площади распространения Приташкентского ТГВГ, поскольку определяется расстоянием места определения «возраста» подземной воды от области питания.

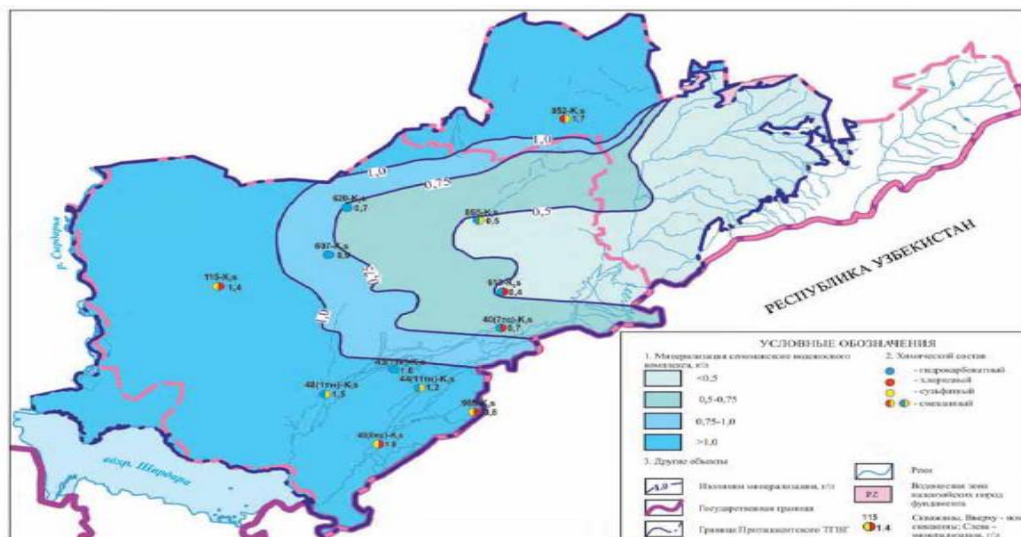


Рис. 2. Карта минерализации подземных вод Приташкентского ТГВГ [3]

Установление «возраста» (6000 лет, район г. Сарыагаш) и длительности цикла водообмена (1932,4 года, в среднем для Приташкентского ТГВГ) подземных вод позволяет, решая обратную задачу, по формулам (2-3), оценить минерализацию атмосферных осадков области питания Приташкентского ТГВГ, используя поле современных значений минерализации подземных вод Приташкентского ТГВГ (рисунок 2). Прежде всего, определим количество циклов водообмена:  $N = 6000:1932,4 \sim 3$  (район г.Сарыагаш). За один цикл водообмена ( $N = 1$ ) минерализация уменьшается в  $e = 2,718\dots$  раз, а за 3 цикла водообмена ( $N = 3$ ) – в  $e^3 \sim 20$  раз. Следовательно, для значения минерализации подземных вод района г. Сарыагаш  $\sim 0,5$  г/л значение минерализации атмосферных осадков области питания Приташкентского ТГВГ в прошлом составляло  $0,5 \text{ г/л} : 20 \sim 25 \text{ мг/л}$ , то есть достаточно реальное значение, свидетельствующее о существовании водообмена в водонапорной системе Приташкентского ТГВГ. Все это подтверждается состоянием пьезометрической обстановки ТГВГ (наличие напорного градиента  $\sim 0,001$ ), свидетельствующей о движении подземных вод в направлении от горных сооружений к региональной области разгрузки – долине реки Сырдарии и далее – к конечной области разгрузки – котловине Арала, а также не нулевым значением модуля питания – модуля подземного стока,  $\mu = 4,657$  мм/год) [3].

Интенсивная эксплуатация Приташкентского ТГВГ по казахстанской части начата с 1981 года. Значительный водоотбор длительной (более 25 лет) эксплуатация подземных вод в условиях реальной переэксплуатации способствует прогрессирующему формированию региональной депрессионной воронки с постоянно нарастающей сработкой упругих запасов Сарыагашского месторождения подземных минеральных вод. При этом наибольшие понижения наблюдаются в районе действующих курортно-оздоровительных объектов и достигают 109-140 м. Всего за период 1981-2010 гг. отобрано 118 189 тыс.м<sup>3</sup>, что в среднем составляет 11 165,7 м<sup>3</sup>/сут при утвержденных эксплуатационных запасах по казахстанской части ТГВГ 1 464 м<sup>3</sup>/сут воды [3].



Итоги многолетней эксплуатации подземных вод казахстанской части Приташкентского ТГВГ свидетельствует, что темпы водоотбора превышают утвержденные эксплуатационные запасы в 7,6 раз, следовательно, и возможности естественного восполнения ресурсов, в связи с чем происходит интенсивная сработка запасов подземных вод, которая проявляется в снижении напоров, а пьезометрическая поверхность подземных вод по скважинам приблизилась к поверхности земли или опустилась ниже её. Это с неизбежностью приведет к переводу большей части эксплуатационных скважин на насосный режим эксплуатации авторов [3].

Сокращение запасов подземных вод может привести к истощению уникального водоносного горизонта – Приташкентского ТГВГ. При дальнейшей интенсивной эксплуатации существует угроза ухудшения качества подземных вод Приташкентского ТГВГ и прогрессирующего снижения пьезоуровней ниже земной поверхности, снятия при этом пластового давления и изменения направления гидравлических градиентов. В результате из вышележащих водоносных горизонтов и слабопроницаемых водоупоров будет происходить отжим и перетекание минерализованных подземных вод в Приташкентский ТГВГ [3].

Подземные воды являются природным ресурсом, которое добывают в большом объеме. Современное состояние Приташкентского трансграничного водоносного горизонта характеризуется снижением уровня подземных вод за счет интенсивной эксплуатации. В дальнейшем это может привести к возникновению проблемы истощения и ухудшения подземных вод. Одна из проблем в случае ухудшения качества подземных вод, это то, что население региона может столкнуться с ростом числа заболеваний и снижением рождаемости. Неустойчивое управление водными ресурсами и другими природными ресурсами способно нанести большой урон экономике и обществу и тем самым подорвать успехи в областях сокращения масштабов нищеты, создания рабочих мест и обеспечения развития. Необходимо комплексного управления земельными, водными и биологическими ресурсами, обеспечивающую их сохранение и устойчивое использование на справедливой основе.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Алексеев Ф.А. и др. Радиохимические и изотопные исследования подземных вод нефтегазовых областей СССР. – М.: «Недра», 1975. – 271 с.
- [2] Порядин В.И. К методике оценки интенсивности водообмена, солености, загрязненности и экологического качества подземных вод для целей ГМПВ. Изв. АН НАН РК. Серия геол. 2005. № 3. – С. 78-86.
- [3] Приташкентский водоносный горизонт. Отчет о результатах оценки. // Управление ресурсами подземных вод трансграничных горизонтов (ГПРЕТА. Фаза 1). – Париж: МГП. ЮНЕСКО, 2016. – 156 с.
- [4] Тыминский В.Г., Султанходжаев А.Н., Розанова М.И. К оценке палеогидрогеологических условий Приташкентского артезианского бассейна. Узбекский геологический журнал. 1966 г. № 3. – С. 64-67.
- [5] Селецкий Ю.Б., Поляков В.А., Якубовский А.В., Исаев Н.В. Дейтерий и кислород-18 в подземных водах (масс-спектрометрические исследования). – М., «Недра», 1973 г. – 144 с.
- [6] Аденова Д.К., Порядин В.И., Акынбаева М.Ж. Оценка интенсивности загрязнения подземных вод // Весник КБТУ. Нефтегазовая инженерия. – Алматы, 2016. № 13. – С. 7-14.

Poryadin V.I., Adenova D.K.

#### **Assessing the intensity of water exchange pretashkent transboundary aquifer**

**Abstract.** In this article, a concrete example of the assessment of the intensity of water exchange in the infiltration stage of the hydrogeological cycle on a well-studied Pretashkent transboundary aquifer is considered. The reduction of groundwater resources can lead to the depletion of a unique aquifer - the Pretashkent transboundary aquifer. Further intensive exploitation there is a risk of deterioration of groundwater quality Pretashkent of a transboundary aquifer.

**Key words:** Pretashkent transboundary aquifer, hydrogeochemical processes, deuterium, mineral water.

Порядин В.И., Аденова Д.К.

#### **Ташкент маңы трансшекаралық су сақтау қабатының су алмасуының қарқындылығын бағалау**

**Аңдатпа.** Бұл мақалада жақсы зерттелген Ташкент маңы трансшекаралық су сақтау қабаттың гидрогеологиялық циклінің инфильтрлік кезеңінің су алмасу қарқындылығын бағалау нақты мысалмен қарастырылады. Жерасты суларының қорының азаюы, ерекше су сақтау қабатына жататын - Ташкент маңы трансшекаралық су сақтау қабатының сарқылуына әкелуі мүмкін. Бұдан кейін де қарқынды пайдаланылса, Ташкент маңы трансшекаралық су сақтау қабатының жер асты сулары сапасының нашарлауының қаупі туындайды.

**Түйінді сөздер:** Приташкент трансшекаралық сулу горизонты, гидрогеохимиялық процестер, дейтерия, минералды су.

**Д.К. Ажгалиев**

(ТОО Компания «Недра-Инжиниринг», Алматы, Республика Казахстан,  
Dulat.azhgaliev@gmail.com)

### **НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИОРИТЕТНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ПАЛЕОЗОЙСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ**

**Аннотация.** Обосновываются возможности для эффективного изучения подсолевых отложений Прикаспийского бассейна на глубинах 5,5-8,0 км. В этой связи рассмотрены региональные особенности строения и принципиальные результаты изучения данного комплекса отложений по итогам поисковых работ на востоке и остальной части подсолевого Прикаспия за последние годы. При этом сделан акцент на наиболее перспективные объекты, представляющие собой крупные поднятия по девонско-нижнекаменноугольному комплексу отложений. Представлена общая характеристика выявленных локальных объектов и в целом перспективных зон на уровне сейсмического горизонта  $P_3$  в пределах Жанажол-Торткольской зоны валообразных поднятий и Боржер-Акжарской тектонической ступени. На основании новых данных, которые получены по краевым зонам и относительно погруженным районам прибортовой части подсолевого палеозойского бассейна, приведены благоприятные факторы обосновывающие дальнейшее продолжение поисковых работ на данные глубокопогруженные объекты.

**Ключевые слова:** палеозойский комплекс, подсолевой Прикаспий, комплексное изучение осадочных бассейнов, восточный борт, валообразные поднятия, Жанажол-Торткольская зона поднятий, девонский комплекс, карбонатная толща КТ-I и КТ-II, стратиграфический разрез, геологоразведочные и поисковые работы, локальный объект, коллекторские свойства, перспективы нефтегазоносности.

Изучение подсолевых палеозойских отложений Прикаспийского бассейна в связи с полученными в последние годы новыми данными и принципиально важными результатами (в особенности по комплексам, залегающим на повышенных глубинах – порядка 5,5-8,0 км) в настоящее время находится на качественно новом этапе исследования.

Исследования последних лет в рамках регионального проекта «Комплексное изучение осадочных бассейнов Республики Казахстан» (2009-2013 г.г.), выполненного по инициативе АО НК «КазМунайГаз» и Комитета геологии и недропользования МИ и Р РК, позволили в существенной мере уточнить региональную структуру подсолевого палеозоя Прикаспийского бассейна в интервале глубин 5,5-8,0 км. В этом направлении немаловажную роль сыграло научно обоснованное увеличение глубинности исследований, что, несомненно, является одним из основных результатов данных исследований. При этом уточнено положение и взаимная увязка основных подсолевых сейсмических горизонтов (ОГ  $D_1$ ,  $P_3$ ,  $P_2^d$ ,  $P_2^1$ ,  $P_2$ ,  $P_2^c$  и  $P_1$ ), дана новая оценка ресурсному потенциалу и перспективам нефтегазоносности палеозойских отложений, в целом.

Данный региональный проект позволил в существенной мере скорректировать подходы в оценке перспективности палеозойских отложений, подготовке первоочередных объектов и предполагаемых зон развития ловушек нефти и газа, получить в итоге предложения по рациональному планированию и размещению ГРП. Вместе с этим, на основе выводов, полученные на региональном уровне оценки, следующим важным шагом предполагалась последовательная их реализация уже на более детальном уровне в рамках отдельных направлений исследований, бассейнов и перспективных участков. В результате, как мы видим, приложенные усилия за последние годы уже дали определенные в тоже время принципиально важные данные. Наиболее примечательными представляются следующие положения и выводы.

- Сохранение стратиграфической полноты разреза в относительно погруженных внутренних районах бассейна осадконакопления (наряду с бортовыми зонами), в которых ранее предполагалось сокращение разреза: в одном случае – за счет размывов и выпадения отдельных секций каменноугольных и более древних комплексов, в другом – в результате развития крупных палеоподнятий (Биикжальский свод и др.). В процессе уточнения модели палеозойского осадконакопления и появления новых данных, очевидно, что формирование крупных локальных поднятий характеризовалось в большей степени конседиментационным характером накопления осадков в этих зонах.

- Достаточно уверенное прослеживание подсолевых сейсмических горизонтов  $P_3$ ,  $P_2^D$ ,  $P_2^1$  по направлению вглубь бассейна осадконакопления, характеризующих девонско-нижнекаменноугольную часть разреза и надежное выделение двух основных сейсмокомплексов (девонско-средневизейский и верхневизейско-артинский) в относительно погруженной бассейновой части [2].

- Подтверждение нефтегазоносности палеозойского комплекса во внутренних более погруженных районах подсолевого Прикаспия на уровне глубины 7,0 км на площади Тасым Юго-Восточный. Получение данных бурения и сейсморазведки, указывающие на перспективность и вероятную продуктивность палеозоя (средний-верхний девон, нижний карбон) на крупных поднятиях на глубинах 5,5-7,0 км и ниже (Кобланды, Ширак, Тамды, Желаевская, Кобяковская, Забурунье, Сарайшик, Жамбай, Кузбак, Кызылкудук-Буйыргын, Мунайлы-Биикжальская зона, Акжар Восточный, Урихтау, Аккемир) в прибортовых и относительно погруженных районах бассейна осадконакопления.

- Низкое содержание серы и сероводорода, отмеченное при проведении поисковых работ на некоторых из выше указанных перспективных объектов на глубинах 5,5-7,0 км, что является важной предпосылкой в планировании поисковых работ, базирующихся на прогнозе экологически чистых от сероводорода и серы залежей углеводородов (далее – УВ) [3].

В значительной мере качественно новый этап исследований оказался возможным, несомненно, благодаря существенно возросшим техническим возможностям и новому уровню обработки и интерпретации геолого-сейсмических данных. При этом, наряду с бортовыми частями, которые по глубинам залегания палеозойских отложений относительно доступны для бурения, уточнены представления на структурно-тектонические и пространственные модели залегания палеозойских отложений в более погруженных внутренних участках бассейна.

В настоящей статье автор, отдавая предпочтение более оптимистическим оценкам перспектив нефтегазоносности глубокопогруженных подсолевых палеозойских отложений, предлагает на основе углубленного анализа и уточнения направлений исследований конкретные участки, где возможно более эффективное проведение поисковых работ в данном направлении. В разрезе палеозоя в соответствии с формационным составом, имеющимися перерывами и региональными несогласиями, выделяется две толщи/мегакомплекса: нижний додевонский (рифей – нижний палеозой) и верхний девонско-артинский мегакомплекс. Соответственно, выделяется 2 структурные этажа (нижний – нижнепалеозойско-франкий и верхний – фаменско-артинский), характеризующие различные этапы развития и осадконакопления. Толщина выделенных этажей по сейсмическим данным составляет 1-2 км и 4-6 км, соответственно.

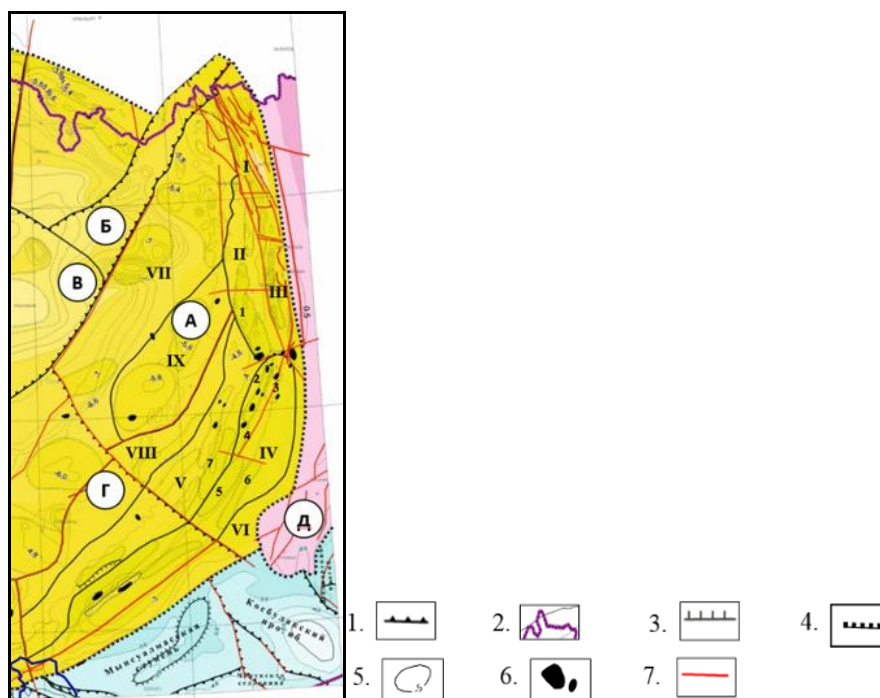
Отложения нижнего палеозоя (ордовик, силур) по данным сейсморазведки предполагаются в Погодаевско-Остафьевском прогибе, на Карповском выступе и в зоне к северу от Карачаганакского выступа. Взаимоотношения отложений в разрезе характеризует сейсмический отражающий горизонт  $D_1$ . Толщина отложений на этих участках по сейсмическим данным составляет порядка 450-1000 м (по данным Акчулакова У.А. и др.). Отложения нижнего палеозоя также прогнозируются на крупных, приподнятых блоках южной, восточной и центральной части Прикаспийского бассейна.

Анализ имеющихся данных в результате позволил выделить на отдельных участках южного, восточного и северного обрамления, а также в более погруженных внутренних районах бассейна крупные поднятия в девоне и нижнем карбоне, строение которых можно проследить на уровне горизонтов  $P_3$ ,  $P_2^D$ ,  $P_2^1$  и  $P_2$ . Отличают эти объекты значительные размеры в плане, большая амплитуда структур и сходство между собой сейсмических параметров волновой картины. Во многих случаях данные также указывают на связь и приуроченность большинства крупных поднятий к выступам фундамента. При этом в оценке перспективности палеозойских поднятий и ориентире поисковых исследований акцентируется верхнедевонско-нижнекаменноугольная часть разреза и девонское направление исследований.

Строение наиболее перспективной по прогнозам верхнедевонской части разреза, как известно, отражает поведение сейсмического горизонта  $P_3$ . В целом, в подсолевом Прикаспии горизонт  $P_3$  стратиграфически увязывается с девонско-нижнекаменноугольным интервалом разреза и с различной степенью интенсивности упругих колебаний выделяется практически повсеместно. В волновом поле отражения регистрируются переменной и временами хаотичной интенсивностью фазовых колебаний, что в большей мере позволяет рассчитывать местами все же на биогермный и рифогенный характер

осадконакопления в толще, связанной с горизонтом  $P_3$ . Более ясное и однозначное прослеживание данной толщи характерно для юго-востока Прикаспийского бассейна, где граница  $P_3$  больше тяготеет к поверхности додевонских отложений [2]. На юго-востоке в разрезах отдельных структур Маткен-Биикжалской и Кульсаринской зоны поднятий (Машлы, Шокат, Мунайлы, Кырыкмерген – Мунайлы Северный и др.) по сейсмическим данным определены некоторые важные региональные особенности строения додевонских и девонских и отложений. Так, отмечен выраженный слоистый характер толщи между ОГ  $P_2^d$  и  $P_3$  (с.п. 84-850521 и 84-850519), соответствующей нижней части терригенного девонско-нижнекаменноугольного сейсмогеологического комплекса, составляющей порядка 600-800 м. По ней на уровне девона выделены крупные поднятия структурного типа [2].

На восточном борту подсолевого Прикаспия (рис.1) данная граница, предположительно, соответствует поверхности нижнего-среднего девона [3]. На временном поле данное отражение представлено в виде 1-2-х фазного колебания с видимой частотой в пределах 20-25 Гц. По сейсмическим данным отражающий горизонт  $P_3$  в абсолютных значениях залегает на глубинах 5,7-8,6 км (Акчулаков У.А. и др.; 2012 г.). Приведенные ниже результаты поисковых работ за последние годы позволяют более детально представить возможности прогноза и характеристики крупных объектов на уровне сейсмической границы  $P_3$ .



**Рис 1.** Тектоническая схема восточного борта Прикаспийского бассейна по подсолевному комплексу (по данным Акчулакова У.А. и др.; 2009-2013 г.г.)

В западной части Жанажольской ступени (Жанажол-Торткольская зона валообразных поднятий) в пределах Урихтау-Кожасайского вала по результатам исследований в 2011 г. по девонскому комплексу выделено крупное поднятие Урихтау с аномальными пространственными характеристиками. По поверхности фундамента данной зоне соответствует Жанажольский выступ Темирско-Утыбайской системы выступов (Акчулаков У.А. и др.; 2009-2013 г.г.). Темирско-Утыбайская система выступов оконтурена по изогипсе -8,0 км. Последовательно с севера на юг по изогипсе -7,0 км в пределах данной системы блоков, в виде отдельных самостоятельных вершин выделены Енбекский, Темирский, Жанажольский и Утыбайский выступы фундамента. К кровле девонского комплекса, предположительно верхнему девону, приурочен горизонт «R» (PGD Services), ниже выделена устойчивая граница, которая характеризует цокольную часть крупного карбонатного тела и, предположительно, связывается с подошвой верхнего девона (рис. 2-а). К данной границе непосредственно приурочен сейсмический горизонт  $P_3$ .



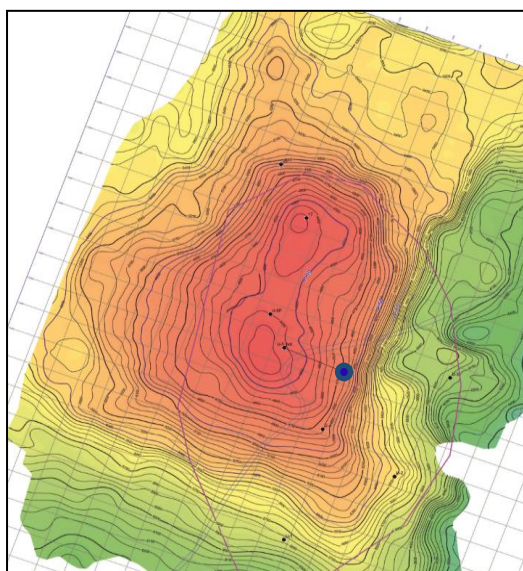


Рис. 2. а) Поднятие Урихтау. Структурная схема по кровле девона (по данным «PGD Services»)

В контуре поднятия Урихтау по результатам интерпретации данных сейсморазведки 3Д (PGD Services) по сейсмическому горизонту «R» (кровля девона) сделан прогноз крупной карбонатной постройки (рис. 2-б). По изогипсе -4700 м, размеры девонского поднятия Урихтау составляют 4,7 км х 3,4 км, амплитуда – более 300 м. Площадь предполагаемого резервуара – 12 кв км. Наличие крупной карбонатной постройки в верхнедевонских отложениях в последующем явилось основанием для постановки поискового бурения.

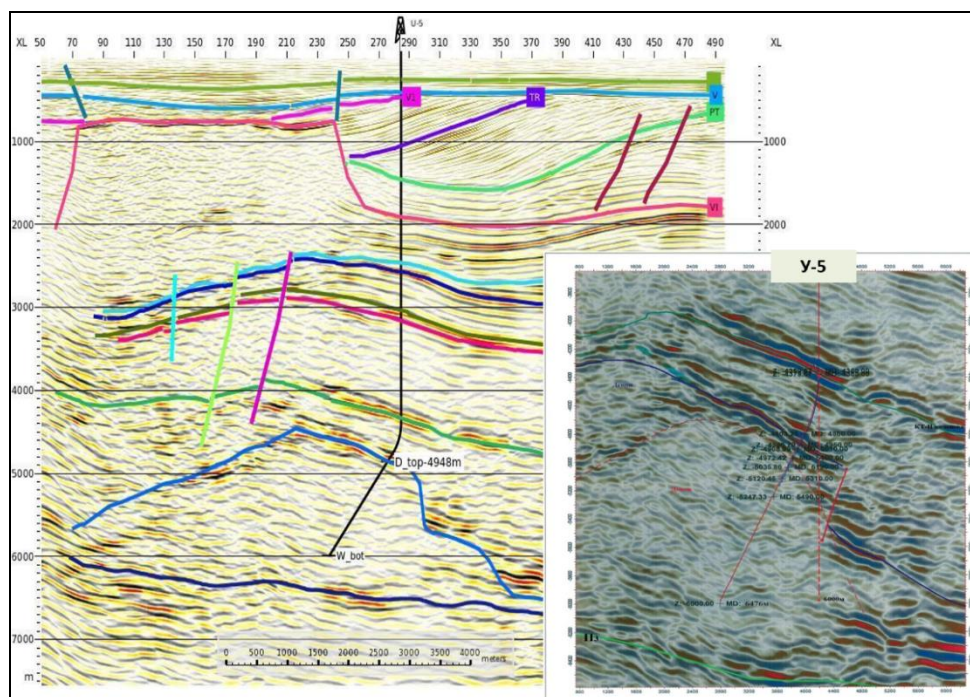


Рис. 2. б) Поднятие Урихтау. Геолого-сейсмический субширотный профиль (по данным «PGD Services»)

В 2013г. на площади Урихтау было начато бурение наклонно-направленной поисково-разведочной скважины У-5 проектной глубиной 6000 м. Бурением кровля девонских карбонатов вскрыта на отметке 4948 (по стволу), на 152 м выше, чем предусматривалось по проектным данным и сейсмическими построениями 3Д. При бурении в интервале 4966-4975 м в скважине отмечено увеличение газопоказаний до 52% (газ преимущественно метанового ряда). Ниже, в интервале 5361-5374 м также было получено увеличение в растворе содержания газа (до 54 %), что в последующем привело к интенсивному нефтегазопроявлению. При забое 5374 м скважина в связи с осложнениями ствола и невозможностью дальнейшего углубления введена в консервацию.

По данным лабораторного анализа пробы газа и пластового флюида отмечено низкое содержание серы и сероводорода – до 0,024 % (НИИ «Каспиймунайгаз»). В процессе бурения в девонской части разреза выполнен отбор керна в 4-х интервалах (4973-4982 м, 5090-5108 м, 5220-5229 м и 5326-5335 м). В образцах пород отмечены многочисленные прямые признаки УВ. В литологическом отношении девонские карбонаты представлены преимущественно органогенными трещиноватыми известняками. По результатам лабораторных исследований (АктюбНИГРИ) породы с интервала 4972,6-4982 м датированы верхнефаменским возрастом (верхний девон).

По результатам бурения уточнена оценка ресурсов по категории С<sub>3</sub>, проведена корректировка структурных построений по подсоловым сейсмическим горизонтам (PGD Services). В результате по ОГ «R» размеры поднятия по изогипсе -5400 м составили 7,2 км x 5,4 км, амплитуда поднятия – более 800 м. Площадь предполагаемого резервуара составляет 36,2 кв. км. С учетом новых данных на поднятии Урихтау работы по бурению с целью изучения и выяснения перспектив нефтегазоносности девонского комплекса ожидается завершить в полной мере в ближайший период.

Повышение качества обработки и интерпретации сейсмических данных позволяет установить характер поведения наиболее перспективной девонско-средневизейской толщи и на других участках восточного борта подсолового Прикаспия (рис. 1). Так, по данным 3Д уточнено строение и структурный план отдельных районов Боржер-Акжарской тектонической ступени, расположенной к западу от Жанажол-Торткольской зоны поднятий (АО «АктюбНИГРИ»; 2012-2013 г.г.). В пределах Боржер-Акжарской тектонической ступени, дифференцированной, в свою очередь, на ряд валообразных поднятий (Киндысай-Акжарский, Боржерский вал, Оймаут-Токайский и Акшункольский валы), в районе западнее зоны Курсай – Акжар Восточный выделены значительные по площади крупные структурные поднятия по девонско-нижнекаменноугольной части разреза. По ОГ П<sub>3</sub> и П<sub>2</sub> поднятия выделены в меридиональной вдольбортовой ориентировке, оконтуриваются по изогипсе -5375 м и 4650 м, соответственно. Амплитуда составляет 225 м и 300 м, соответственно. По этим сейсмическим горизонтам в площади поднятия, соответственно, на отметке -5350 м (П<sub>3</sub>) и 4625 м (П<sub>2</sub>) выделяются две крупные вершины. По имеющимся данным не исключается продолжение поднятия и приподнятой перспективной зоны в направлении на север.

В настоящее время прогноз данных палеозойских структур (Урихтауская и Акжарская зона) в качестве высокоперспективных объектов для постановки поискового бурения связывается, в первую очередь, с аномальными пространственными характеристиками (размеры, амплитуда, объем резервуарной части). Ожидаются высокие потенциальные возможности данных объектов в плане обнаружения в них значительных объемов УВ, освоение которых при благоприятных условиях позволит кратнo и в сжатые сроки нарастить запасы и укрепить ресурсную базу всего Прикаспия и страны в целом и, соответственно, в значительной мере компенсировать известные издержки, связанные с большими глубинами залегания.

Таким образом, на примере восточной бортовой зоны подсолового Прикаспия имеющиеся материалы и полученные новые данные вполне обоснованно указывают на высокие перспективы дальнейшего детального изучения глубокозалегающих отложений девона и нижнего карбона и позволяют прогнозировать в них крупные объекты. Акцентирование данной задачи на ближайшие годы обосновано и другими выделенными и прогнозируемыми крупными объектами – палеозойскими поднятиями по девонско-нижнекаменноугольному интервалу в разрезе Темирского карбонатного массива в пределах одноименной зоны валообразных поднятий (Аккемир) и Шубаркудук-Коскольской зоны поднятий (Шиликты Северный) в относительно глубоководной части бассейна (Акчулаков У.А. и др.; 2012г.).

Перспективность и благоприятный прогноз крупных палеозойских поднятий в этих районах дополнительно обосновывается на новых представлениях о модели строения ловушек и, в целом, благоприятных структурных предпосылок.

Как известно, ранее на востоке подсолевого Прикаспия пробурено 5 скважин (Г-4 Кумсай, Г-1 Бактыгарын, Г-5 Акжар Восточный, Г-9 Бозоба и Г-1 Аккум), в которых в различной мере и соотношении вскрыты отложения нижнего, среднего и верхнего девона на глубинах 4830-5843 м [1]. Относительно большое расстояние между данными площадями указывает на региональное прослеживание и распространение девонских отложений на востоке Прикаспия. По этим данным и судя по распределению толщин отдельных свит, на поднятиях отмечается в большей мере пластовое конседиментационное залегание девонских отложений, унаследованное, как видно, от более древних выступов коренных пород. Наряду с объектами с карбонатным составом резервуаров (Урихтау) предполагается, что выявленные новые крупные поднятия по девону – нижнему карбону, имеющие пластовый характер залегания, в большинстве будут приурочены к областям терригенного и карбонатно-терригенного осадконакопления. При этом следует отметить, что данные локальные поднятия отвечают новым условиям и модели залегания, характеру осадконакопления, представляют собой объекты, подготовленные на более высоком качественном уровне интерпретации и комплексном анализе имеющихся геолого-геофизических материалов. Автором прогнозируются участки с благоприятным фактором отсутствия или низкого содержания серы и сероводорода при поисковых работах, характерного, как известно, для условий терригенного и карбонатно-терригенного осадконакопления.

Новые возможности сейсмических методов исследований 2Д/ 3Д, как мы видим, позволяют рассчитывать на прогноз и обнаружение масштабных залежей нефти и газа, связанных с крупными подсолевыми объектами – поднятиями унаследованного развития и карбонатными постройками, характеризующихся низким содержанием сероводорода и серы. Значительные по масштабам залежи уже подтверждены ранее проведенными работами в вышезалегающих комплексах отложений, связанные с карбонатными массивами пластового характера в среднем – верхнем карбоне (Жанажол, Кожасай, Алибекмола и др.) и нижнепермскими глубокоководными подводными конусами выноса. Примером является ранее полученный внушительный фонтан нефти дебитом 650 м<sup>3</sup>/сут в интервале 5049-5075 м из терригенных отложений нижней перми в скважине №1 Акжар Восточный.

Отметим, что в пределах Прикаспия в целом, с учетом имеющихся результатов комплексных исследований в палеозойском комплексе в девонско-нижнепермском диапазоне разреза выявлено с различной степенью обоснованности порядка 20 крупных объекта/ поднятия. Предположительно, эти объекты имеют структурное развитие на уровне горизонта П<sub>3</sub>, приурочены в основном к Мынтобе-Новобогатинской и Атырауской системе выступов фундамента, Темирской, Жанажол-Торткольской и Кобландинской приподнятым зонам. На ряде локальных объектов (Тасым Юго-Восточный, Кузбак, Кобланды, Ширак, Урихтау, Есекжал, Улькентобе Юго-Западный, Биикжал, Сарайшик, Забурунье, Кобяковское и др.) в настоящее время геологоразведочные работы (поисковое бурение, объемная сейсморазведка) частично проведены, получены положительные результаты и обнадеживающие данные. Отмечено также, что в плане большинство из этих объектов хорошо увязывается с аномальными зонами локальных минимумов магнитного поля. Соответственно, по этим данным структуры характеризуются крупными размерами, амплитудой, в особенности контрастным развитием по девону (П<sub>3</sub>) и нижнему карбону (П<sub>2</sub><sup>Д</sup>). Как правило, данные структуры по размерам сопоставимы с крупными нефтегазоносными объектами (в данном случае с поднятием Тенгиз, которое по горизонту П<sub>2</sub> по изогипсе -5,0 км имеет размеры 20 км x 20 км и амплитуду 800 м). Ниже дается общая характеристика наиболее изученных и обоснованных крупных поднятий в подсолевом комплексе.

На севере Прикаспия структура Тамды прослеживается на уровне верхнего девона и составляет вместе с поднятием Кобланды единый довольно крупный структурный выступ. По горизонту П<sub>3</sub> (-7500 м) и П<sub>1</sub> (-6200 м) поднятие имеет размеры 54км x 26км и 46км x 15км, соответственно. Амплитуда достигает 800м и 400м, соответственно. С учетом результатов бурения скважины К-3 Кобланды продолжение работ на этом выступе представляет повышенный интерес. Перспективные земли расширяются далее на восток к Ново-Алексеевскому прогибу, где проведены работы на скважине №1 на аналогичной по объемным характеристикам крупной подсолевой структуре Ширак.

Далее в направлении к восточному борту в относительно глубокоководной части (Шубаркудук-Коскольская зона поднятий) выделена крупная структура Шиликты Северный. На ней представляет



интерес девонский интервал разреза в интервале глубин 6500-6700 м. Крупные локальные объекты ожидаются в пределах Жанажольского (наряду с Урихтау) и Темирского карбонатных массивов, имеющие площадное простирание до 200 км и более. В Темирской зоне по кровле среднего карбона выделено поднятие Аккемир по изогипсе -6,0 км, поднятие осложнено 2-мя вершинами, амплитуда в целом достигает 400м, площадь составляет 88 кв км. Перспективен верхнедевонско-башкирский интервал разреза.

На юге бассейна (междуречье Урал-Волга) выделено поднятие Сарайшик по горизонтам ПЗ (-7450 м) и П2 (-7100 м), имеет площадь 91 кв км и 105 кв км, соответственно. Амплитуда поднятия составляет 500 м. Западнее от него выявленные и обоснованные поднятия Забурунье и Кобяковское, также имеющие значительные площадные характеристики. Безусловно, заслуживает отдельного и особого внимания получение ранее в процессе бурения скважины №2 на поднятии Кобяковское интенсивных проявлений УВ (фонтан газа) из интервала 5177-5186 м [3].

Несколько более высокая и широкая по площади, частично охватывающая относительно глубоководную часть бассейна осадконакопления, степень изученности юго-восточного сектора Прикаспия (в сравнении с остальной частью бассейна) предоставляет исследователям все более широкие возможности для прогноза крупных аномальных локальных объектов в подсолевом комплексе. В пределах Кульсаринской приподнятой зоны выделены довольно крупные подсолевые поднятия Кенбай и Торемурат. По данным Нуралиева Б.Б. (2008г.) размеры поднятия Кенбай (северо-восточная часть зоны) по изогипсе -6600м (П<sub>1</sub>) составляют 50 км x 22 км, амплитуда – 750 м. С учетом имеющихся данных структура имеет значительное развитие и по кровле девона (П<sub>3</sub>). На юге данной зоны поднятие Торемурат по изогипсе -5200 м (П<sub>1</sub>) имеет площадь 29 км x 13 км, амплитуду 350 м. По горизонту П<sub>3</sub> на отметке -6400 м площадь поднятия – 27 км x 9 км, амплитуда – 250 м. Характерно, что оба поднятия и вероятные в них ловушки УВ с различных сторон экранированы региональными глубинными разломами. К юго-востоку в полосе сочленения Кульсаринской приподнятой зоны и Намазтакырской ступени выделена подсолевая структура Кырыкмерген – Мунайлы Северный. По горизонту П<sub>3</sub> по изогипсе -6800 м данная структура имеет площадь 32 кв км, амплитуда – 500 м.

В пределах Атырауской системы выступов фундамента выделено поднятие Кузбак, осложненное 3-мя вершинами (Нур, Куржем, Бекбике). Структура Нур в западной части поднятия по горизонтам П<sub>3</sub> (-6850 м) и П<sub>2</sub> (-6100 м) имеет амплитуду 600м и 400м, соответственно. На структуре Нур ранее было начато бурение поисковой скважины.

Крупные поднятия в палеозойской толще выделены на самом южном ограничении Прикаспия в «переходной» от суши к акватории, узкой широтной приграничной с Устюрт-Бозашинским бассейном полосе (Сарытау, Бурыншик Восточный). Возможно, что контрастное и аномальное развитие этих объектов еще дополнительно обосновывается и приуроченностью к данной сложной по строению тектонической полосе, в которой для структур характерна определенная общность структурных планов по палеозою и мезозою. Литолого-фациальные построения указывают на возможность карбонатного осадконакопления в районе структур Сарытау и Бурыншик Восточный в верхнем палеозое.

Приведенные выше результаты поисковых работ на восточном борту, новые данные и прогноз крупных поднятий в подсолевом комплексе на остальной части Прикаспия предлагаются в качестве нового обосновывающего материала для дальнейшего целенаправленного изучения и оценки перспективности отложений девона и нижнего карбона на глубинах 5,5-8,0 км. Важны, в первую очередь, возможности практической реализации мероприятий по данному направлению поисков и соответствующим рекомендациям. С другой стороны, в связи с тем, что такие аномальные по размерам и площади объекты в последнее время стали выделяться все чаще, на переднем плане стоит задача выяснения закономерностей их регионального положения и корректной идентификации их с потенциально нефтегазоносными структурами.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Бакиров К.Х., Бакиров Н.К., Макаров В.Д. «Прикаспийская впадина впервые с магматогенными складками в карбонатах девона; первое выделение каледонид, создавших во впадине крупные сводовые поднятия с новой мощной толщей девонских карбонатов». – Уфа, 2003г. – 29 с.;
- [2] Ескожа Б.А., Воронов Г.В. «Строение подсолевого комплекса юго-востока Прикаспийской впадины»// Известия Академии наук Казахстана. – Алматы, 2008г. – №1;
- [3] Исказиев К.О., Ажгалиев Д.К., Каримов С.Г. О перспективах поисков малосернистой нефти в Казахстане// «Oil and gas of Kazakhstan». – Алматы, 2014г. – №3.

Әжіғалиев Д. Қ.

**Каспий маңы бассейнінің палеозой кешеніндегі жаңа бағыттар мен басым нысандар**

**Түйіндеме.** Каспий маңы бассейніндегі тұзасты шөгінділерін 5,5-8,0 км тереңдікте тиімді зерттеу мүмкіндіктері негізделді. Осыған байланысты соңғы жылдары жүргізілген тұзасты Каспий маңының шығысы мен қалған бөлігіндегі іздеу жұмыстарының қорытындысы бойынша осы шөгінділер кешенін зерттеудің қағидаттық нәтижелері және құрылымның өңірлік ерекшеліктері қаралды. Бұл ретте девон-төмен таскөмір шөгінділер кешені бойынша ірі қыраттар болып табылатын перспективалы объектілерге назар аударылды. Анықталған жергілікті объектілердің және жалпы Жаңажол-Төрткөл белес тәрізді қыраттары мен Боржер-Ақжар тектондық сатысы шеңберіндегі  $P_3$  сейсмикалық көкжиегі деңгейінде перспективалы аймақтардың жалпы сипаттамасы ұсынылды. Өлкелік аймақтар және тұзасты палеозой бассейнінің беткеймаңдық бөлігінің біркелкі суға батқан аудандары бойынша алынған жаңа деректер негізінде осы терең батқан объектілерде іздеу жұмыстарын одан әрі жалғастыруды негіздейтін қолайлы факторлар келтірілді.

**Кілт сөздер:** палеозой кешені, тұзасты Каспий маңы, шөгінді бассейндерді кешенді зерттеу, шығыс беткеймаңы, белес тәрізді қыраттар, Жаңажол-Төрткөл қыратының аймағы, девон кешені, КТ-I және КТ-II карбонат қабаты, стратиграфиялық кима, геологиялық барлау және іздеу жұмыстары, жергілікті объект, коллекторлық қасиеттер, мұнай-газдылық перспективалары.

Azhgaliev D.K.

**New areas of study and the priority items in the paleozoic complex of the caspian basin**

**Summary.** Justification of the opportunities for efficient study of subsalt deposits of Caspian Basin in 5,5-8,0 km depth are in progress. Accordingly, it is considering the regional structure specific sand essential results of study of the deposit complex as summary of prospecting work in the east and other part of subsalt Caspian basin in last years. Mean while, the stress was made on more prospective objects that are major culminations in Devonian Lower Carboniferous complex of deposits. It is presented the general characteristics of explored local objects and prospective zones as whole at  $P_3$  seismic horizons in area of Zhanazhol-Tortkolski zone of swell like culmination and Borzher-Akzharski tectonic scale. On the basis of new data, which were received in regards to marginal zone sand related to immersed areas of close to edge part of subsalt Paleozoic basin, there are favorable reasons that justifying further continue of prospecting works for these deeply immersed objects.

**Key words:** Paleozoic complex, subsalt Caspian basin, overall study of sedimentary basin, eastern border, swell like culminations, Zhanazhol-Tortkolski culmination zone, Devonian complex, КТ-I and КТ-II carbonate rock mass, stratigraphic section, geological survey and prospecting works, oil and gas content perspectives.

УДК 553.7.031.2: 556.3.04

**Е. Муртазин**

(ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии имени У. Ахмедсафина  
ye\_murtazin@list.ru)

**А. Байкадамова, Б. Кисмельева**

(НАО «Казахский Национальный технический университет имени К.И.Сатпаева»  
Алматы, Республика Казахстан  
ainurchuk90@mail.ru)

**КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД СКВАЖИНЫ  
3-Т ЖАРКЕНТСКОЙ ВПАДИНЫ**

**Аннотация.** В данной статье рассматривается вопрос комплексного использования термальных вод Жаркентской впадины. Сейчас, в мире ведутся интенсивные исследования по изысканию новых источников энергии. Одно из перспективных направлений это использование ядерной и термоядерной энергии. Другой вид — это нетрадиционные источники энергии, среди которых геотермальная энергия (ГТЭ) - тепло, образующееся естественным путем в недрах Земли - занимает второе место после солнечной радиации.

Выделяют два типа ресурсов ГТЭ: гидрогеотермальные (ГГТР) - тепло внутриземных вод и петрогеотермальные - тепло горных пород. Основное значение имеют ГГТР, включающие термальные воды (40-100°C), пароводяные смеси (свыше 100°C) и сухой пар (свыше 200°C). Главным преимуществом ГГТР является их возобновляемость, широкое распространение и значительные естественные запасы при относительно стабильных температурных и гидродинамических параметрах.

В зависимости от теплового потенциала ГГТР делятся на низкопотенциальные (40-75°C), среднепотенциальные (75-100°C) и высокопотенциальные (перегретые - свыше 100°C) термальные воды.

Скважина 3-Т, пробуренная в 1982 г. Лобненской ГРЭ ПО "Союзбургаз", вскрыла термоминеральные среднепотенциальные воды в верхнемеловых отложениях, которые могут использоваться как источник тепла и в бальнеологических целях.

Усекская площадь расположена в центральной части Жаркентского артезианского бассейна. В ходе разведочных работ был получен достоверный гидрогеологический материал только по меловому водоносному комплексу. Другие водоносные горизонты и комплексы на данной территории не опробовались.

#### 1. Общие сведения о районе месторождения

В **административном отношении** территория расположена в пределах Панфиловского района Алматинской области. Районный центр г. Жаркент. На севере, вдоль предгорной наклонной равнины расположены села Коктал, Ушарал большой и малый Чеган и фермы крестьянских хозяйств. В центральной части района встречаются отдельные фермы отгонного животноводства.

В **географическом отношении** территория расположена в восточной части Илийской межгорной впадины, ограниченной с севера хребтом Джунгарского Алатау, с юга хребтом Кетмень, с запада горами Кату-Тау, и на востоке государственной границей с КНР. Приилийская площадь расположена в центральной части впадины на озерной равнине.

**Рельеф** района весьма разнообразен. Основная часть территории - предгорная равнина, ограниченная южными отрогами хребта Джунгарского Алатау и хребтом Кетмень. Предгорная равнина имеет отметки от 2000 м у предгорий, до 500 м у реки Или. По характеру рельефа предгорную равнину можно подразделить на периферическую озерно-аллювиальную равнину и предгорный шлейф. Она слабо всхолмлена, выполаживается к реке Или, где осложняется песчаными барханами и грядами.

**Гидрографическая сеть** представлена рекой Или с ее притоками, а также, разветвленной сетью ирригационных каналов. Река Или, представленная в районе исследований своей средней частью, наибольшая по величине и водности. Реки Борохудзир, Усек, Хоргос и многие другие часто не доносят своего стока до реки Или.

**Климатические условия** района определяются его положением в центре материка, в зоне пустынь и полупустынь. Годовая сумма осадков на большей части территории составляет около 125-150 мм. Максимум осадков приходится на весну.

#### 2. Геолого-гидрогеологические условия месторождения

##### 2.1 Геологическое строение

Усекская площадь располагается в центральной части депрессии и отличается весьма спокойными геоструктурными условиями - моноклиальным залеганием пород и отсутствием высоко амплитудных разломов. Скважины 1-Т и 3-Т в пределах площади вскрыли отложения палеозоя, триаса, юрские, меловые, палеогеновые, неогеновые и четвертичные. Далее приводится характеристика стратиграфических комплексов, которые были встречены глубокими скважинами в пределах района.

**Отложения палеозойской группы** в пределах площади залегают на глубине 2800 - 3000 м. Скважиной 1-Т на глубине 2810 м вскрыты палеозойские породы, представленные кварцевым порфиром сиреневого цвета. Скважина 2-Т на глубине 2700 м вскрыла кварцевые порфиры с прослойками розового и коричневого цветов, плотные. Кварцевые порфиры, датированные пермским возрастом, вскрыты также при бурении опорной Борохудзирской скважины 1-Г, расположенной в 23 км на запад от скважины 2-Т.

В пределах Усекской площади на палеозойских отложениях с размывом залегают триасовые отложения. По литологическому составу триасовые отложения делятся на три свиты: песчано-конгломератовую, алевролито-глинистую и конгломерато-песчано-аргиллитовую.

Юрские отложения залегают с размывом на породах триаса. В их составе выделены отложения нижнего отдела (пачка песчаников крупно, и среднезернистых), среднего отдела (преимущественно глины с пропластками песчаников) и верхнего отдела (алевролиты и аргиллитоподобные глины).

Меловые отложения представлены светло-серой песчаной толщей с прослоями алевритов.

В составе **меловой системы** развиты отложения нижнего и верхнего отделов. Вскрытые скважинами 1-Т и 3-Т меловые отложения относятся к верхнемеловым.

Верхний отдел представлен в основном грубо и крупнозернистыми слабосцементированными песчаниками кварцевого состава серовато-белого цвета. Нередки прослои алевролитов и алевропесчаников. Мощность меловых отложений по скважине 3-Т – 85 м.

Скважинами *отложения кайнозойской группы* вскрыты на всю мощность. Это образования палеогеновой, неогеновой и четвертичной систем (3).

#### 2.2. Гидрогеологические условия

Усекская площадь расположена в центральной части Жаркентского артезианского бассейна. В ходе разведочных работ более точный гидрогеологический материал был получен только по меловому водоносному комплексу.

Меловой водоносный комплекс встречается на территории всей площади впадины. Только на юго-западе его граница проходит по Чилико-Кеминскому разлому. Водоносный комплекс четко разделяется на верхнемеловой и нижнемеловой водоносные горизонты.

Верхнемеловой водоносный горизонт испытан в пределах Усекской площади скважинами 3-Т и 2-Т.

Отложения верхнемелового водоносного горизонта представлены в нижней части слабо сцементированными грубо-крупнозернистыми песчаниками преимущественно кварцевого состава с угловатыми обломками

Выше по разрезу переслаивание алевролитов с крупнозернистыми или гравелитовыми песчаниками, слабосцементированными. Вся толща хорошо отбивается на каротажных диаграммах повышенными значениями КС - до 45-50 Ом-м для песчаной толщи. Эффективная мощность водоносного горизонта оценена в 65 м. Глубина залегания кровли горизонта составляет 2292 м, а подошвы-2376 м.

Воды высоконапорные, избыточное давление на устье скважин достигает +216 м.

Водообильность пород верхнемелового водоносного горизонта довольно высокая. Пробный выпуск из скважины 3-Т дал водоприток на самоизливе в количестве 37 л/с при понижении уровня на 137 м.

Минерализация подземных вод данного горизонта в пределах Усекской площади 0,48-0,52 г/л. Реакция воды щелочная, рН 8,1-8,4, химический состав гидрокарбонатный и гидрокарбонатно-сульфатный натриевый. В воде обнаружены такие микроэлементы как SiC<sup>></sup>2-28 мг/л; HVO<sub>2</sub>-ДО 2,0 мг/л; F-1,0 мг/л; J- следы; Br-0,2 мг/л.

#### 2.3. Геотермические условия

Геотермическая обстановка территории Жаркентской впадины изучена неравномерно. Значительно лучше исследована южная, левобережная ее часть, где глубина залегания термальных вод незначительна. Центральная и вся правобережная часть изучена лишь по отдельным скважинам, пробуренным как при поисково-разведочных работах на нефть и газ, так и специальных (Усекской и Кировской площадей) исследованиях.

В пределах Усекской площади скважина 3-Т дала притоки термальных подземных вод с температурой до 67°C. В скважине 1-Т проведен термокартаж. При анализе геотермической обстановки площади привлекается материал по опорной скважине 1-Г, находящейся в 12 км на запад от скважины 3-Т. В целом по площади наблюдается закономерное возрастание температуры недр с глубиной залегания.

С востока на запад в осевой части депрессии отмечается постепенное повышение температуры на одних и тех же интервалах движения. Температуры 50°C в скважине 3-Т отмечены на глубине 1470 м, а в скважине 1-Г, находящейся западнее, на глубине 1369 м. Температура 72°C в скважине 3-Т на отметке 2207 м, а в скважине 1-Г на 218 м выше.

Температура термальных подземных вод верхнемелового водоносного горизонта также зависит от глубины залегания и возрастает с востока на запад. Важным показателем, характеризующим тепловое состояние района, является геотермический градиент. В целом, значения геотермических градиентов по площади колеблются в широких пределах от 2,2 до 3,3 °C/100 м, а по отдельным стратиграфическим толщам от 2,43 до 2,86°C/100 м.

3. Обоснование разведочных работ, способа добычи и переработки термоминеральных вод и схема эксплуатации месторождения

В наше время интерес к проблемам освоения термальных вод проявляется в во многих странах мира, а свыше 20 государств уже их используют.

В настоящее время геотермальная энергетика в мире весьма распространена. Общая мощность геотермальных электростанций по всему миру - 10500 МВт. Стоимость электроэнергии, полученной на ГеоТЭС, обходится в 2-5 раз дешевле, чем на дизельных или угольных теплоэлектростанциях.

Другими направлениями освоения являются применение термальных вод для отопления и горячего водоснабжения жилых и промышленных зданий, для разнообразных технологических целей и в сельском хозяйстве.

Среднепотенциальные термальные воды наиболее перспективны для коммунально-бытовых целей. Так, система скважин, способная доставить на земную поверхность  $(2-5) \cdot 10^{12}$  Дж/сут (что эквивалентно ежесуточному сгоранию 68-170 ТУТ), может обеспечить теплом здания, где проживают 10-15 тыс. человек, а в южных регионах - до 20 тыс. человек.

Слабоминерализованные термальные воды обычно не требуют применения сложных и дорогостоящих схем. Только одна скважина с дебитом 1800-2000 куб.м/сут воды с температурой 70-75°C может отопить и снабдить горячей водой населенный пункт с 4-4,5 тыс. жителей.

Целесообразность гидрогеотермального тепло-водоснабжения, несмотря на наличие отдельных проблем (таких, как борьба с коррозией систем, повышение эффективности теплообменных устройств в условиях выпадения солей из термальных вод, использование отработанных вод и т.д.) с экономической точки зрения очевидно, так как позволяет сохранять традиционные топливные ресурсы.

Богатый практический опыт накоплен по применению термальных вод в сельском хозяйстве, и в первую очередь для обогрева теплиц. Так, для 1 га защищенного грунта требуется не менее 1000 куб.м/сут воды с температурой 70-75° С. Теплично-парниковые хозяйства обычно снижают тепловой потенциал ГГТР на 25- 30°C, то есть сбрасываются воды с температурой 40-50°C. В дальнейшем такую воду используют для тепло-водоснабжения ското-птицеводческих комплексов и в различных технологических целях (таких как термообработка бетона, мойка шерсти, обработка древесины, сушка фруктов, изготовление комбикормов и т.п.). После охлаждения воды до 25-30°C ее применяют для теплого орошения открытого грунта (повышение урожайности на 25-30%) и подогрева рыбопродуктивных прудов.

Практически все термальные воды независимо от их минерализации и газохимического состава имеют бальнеологическую ценность, то есть могут использоваться в оздоровительных целях.

В настоящее время существуют две схемы освоения термальных вод: фонтанная эксплуатация (ФЭ) и эксплуатация с поддержанием пластового давления (ППД).

ФЭ возможна при разработке месторождений, содержащих термальные воды с пластовым давлением выше гидростатического. Пластовые воды, выведенные буровыми скважинами на поверхность за счет избыточного давления или принудительной насосной откачки, подаются потребителю и после снятия теплового потенциала сбрасываются в естественные или искусственные водоемы.

Недостатками данной технологии является то, что она пригодна только для слабоминерализованных геотермальных вод, не представляющих угрозу загрязнения для окружающей среды, и может привести к истощению запасов ГГТР.

Эксплуатация термальных вод с ППД является более предпочтительной и представлена технологией геотермальных циркуляционных систем (ГЦС), которые обычно состоят из подземного комплекса - группы добычных и нагнетательных скважин, вскрывающих продуктивный ТВК, и поверхностного оборудования, включающего теплообменники, системы водо- и газоочистки, водоподготовки, насосные установки, коммуникационные теплотрассы и др. Наиболее разработаны схемы геотермального теплоснабжения, обеспечивающие повышенную экологическую безопасность, за счет обратной закачки отработанной воды в водоносный комплекс.

На территории Казахстана естественные проявления низкопотенциальных термальных вод приурочены к горноскладчатым регионам республики (Тянь-Шань, Джунгарский Алатау, Алтай, Тарбагатай и др.). Известно более 20 источников термоминеральных вод, использование которых ограничивается бальнеологическими целями. На их базе построено несколько санаторно-курортных учреждений и лечебниц, а ряд источников находит применение для неорганизованного бальнеолечения местным населением. Эксплуатационные запасы по семи месторождениям составляют около 3-х тысяч куб.м/сут.

На платформенных и межгорных пространствах Казахстана термальные воды обычно выводились на дневную поверхность при поисковых работах на нефть и газ. В дальнейшем единичные, главным образом, самоизливающиеся скважины вовлекались в хозяйственное использование. Предметное

изучение ГГТР начало проводиться с 80-х годов в пределах наиболее перспективных регионов Южного Казахстана.

В Южно-Казахстанской области разведочные работы на термальные воды организованы с 1989 г. для целей тепло-водоснабжения городов Туркестан и Арысь, районного центра Шаульдер, а также ряда центральных усадеб сельскохозяйственных населенных пунктов. Оперативные запасы по трем эксплуатационным участкам оценены в количестве 35,0 тыс.куб.м/сут. На Жаркентской площади (Талдыкорганская область) в результате проведенных оценочных работ утверждены оперативные запасы по двум эксплуатационным участкам (4,5 тыс.куб.м/сут).

В целом, по Казахстану освоение геотермальной энергии находится в неудовлетворительном состоянии. По скважинам, выводящим термальные воды, в большинстве случаев отсутствует необходимое устьевое оборудование, не ведутся учет отбираемого объема воды и стационарные режимные наблюдения за температурой, дебитом и качеством, не разработаны технологические схемы эксплуатации и кондиции, не подготовлены потребители.

Одним из перспективных регионов является Илийский межгорный артезианский бассейн, представляющий собой одноименную межгорную впадину, вытянутую в широтном направлении на 460 км в пределах Алматинской области. Предварительная оценка потенциальных (технически доступных) запасов геотермальных вод для четырех ТВК показала, что они составляют при фонтанной эксплуатации на самоизливе - 114 тыс.куб.м/сут воды и 2,1 млн.Гкал/год тепла (300 тыс.ТУТ/год), а при насосной откачке - 515 тыс.куб.м/сут воды и 7,95 млн.Гкал/год тепла (1135 тыс.ТУТ/год).

В восточной части Илийской впадины расположен *Жаркентский артезианский бассейн* - глубина залегания теплоэнергетических вод варьирует от 400-1000 м в предгорьях хр.Кетмень до 2000- 4600 м по центру впадины. Для мелового ТВК характерны слабоминерализованные геотермальные воды, в остальных случаях минерализация воды может достигать 5-20 г/куб.дм. Дебиты скважин могут достигать нескольких тысяч куб.м/сут.

Разведочная скважина 3-Т, пробуренная в 1982 г. на Усекской площади использовалась до настоящего времени в различной степени.

В 1986 году на базе скважины было организовано прудовое хозяйство. Но в 90-е годы хозяйство было заброшено, и термальная вода бесцельно сбрасывалась в пруд. В данное время на скважине 3-Т проводятся опытно-методические работы Институтом гидрогеологии и геоэкологии с целью разработки технологии комплексного использования бальнеологического и теплоэнергетического потенциала скважины. Все эти годы по скважине ведутся режимные наблюдения под руководством института. Эти наблюдения позволяют сделать вывод о том, что гидродинамические и гидрохимические параметры скважины не претерпели каких-либо изменений. Доказательством этого является наблюдения за статическим уровнем воды, который как был после бурения скважины на отметке +216 м так и продолжает находиться на этом уровне и в настоящее время, что можно объяснить, во-первых - большими упругими запасами верхнемелового водоносного горизонта, и, во-вторых, почти полным отсутствием в пределах артезианского бассейна действующих водозаборных сооружений верхнемелового водоносного горизонта.

Таким образом, исходя из того факта, что на площади эксплуатационного участка расположена одна действующая скважина, для которой определен потребитель, основной задачей разведочных работ является оценка эксплуатационных запасов термоминеральных вод месторождения. В этих условиях, разведочные работы включают, главным образом, систематизацию фактических данных, накопленных в процессе эксплуатации, а также организацию опытных выпусков и режимных наблюдений для уточнения гидрогеологических параметров и физико-химических показателей термоминеральных вод. Соответственно в геологическом задании на проведение разведочных работ должно быть предусмотрено проведение следующих видов работ: опытные выпуски, режимные наблюдения, лабораторные и камеральные работы.

Усекский участок термоминеральных вод характеризуется относительно простыми геолого-гидрогеологическими условиями. Термоминеральные воды приурочены к меловым обводненным отложениям, при их спокойном залегании, не разбитом разрывными нарушениями. На участке имеется одна скважина 3-Т, по которой могут быть получены достоверные данные.

Потребность в термоминеральных водах на эксплуатационном участке определена техническим заданием и отражена в нижеследующей таблице.



Таблица 1. Потребность в термоминеральной воде, тыс.м<sup>3</sup>/сут

№ пп	Целевое назначение	Всего
1	Теплоэнергетическое (теплоснабжение и горячее водоснабжение)	1,70
2	Завод розлива столово-минеральных вод	0,64
3	Бальнеологическое лечение (санаторий)	0,26
<b>ИТОГО</b>		<b>2,60</b>

При определении потребности в термоминеральной воде учтены следующие эксплуатационные показатели скважин:

- избыточное давление на устье скважин - 216 м,
- температура воды на устье - 67-70°C,
- результаты опытного выпуска:
- дебит - 3260 м<sup>3</sup>/сут
- понижение – 137,9 м
- конечная температура воды после использования - 25-30°C,
- используемый перепад температур - 40-42°C,
- производительность скважины по теплу, тыс. Гкал/год:
- 37,5·10<sup>3</sup> (5 тыс. ТУТ/год).

- качество вод - подземные воды гидрокарбонатно-сульфатного, натриевого состава, с минерализацией 495-527 мг/л.

В медицинском заключении Казахского национального исследовательского института Кардиологии говорится, что минеральная вода скважины 3-Т характеризуется как слабощелочная слабоминерализованная азотная кремнистая акротерма гидрокарбонатно-сульфатного натриевого состава, стабильного во времени. Вредных и токсичных веществ не обнаружено. По органолептическим показателям это бесцветная, прозрачная, пресная на вкус жидкость без посторонних включений, запаха и осадка. Отсутствие в указанной воде вредных веществ, стабильный физико-химический состав, достаточный дебит при самоизливе позволяет организовать промышленный ее розлив в качестве минеральной лечебно-столовой воды при соблюдении необходимых санитарно-гигиенических правил транспортировки и хранения.

Учитывая эксплуатационные характеристики Усекого месторождения термоминеральных вод, предполагается фонтанная эксплуатация скважин. Пластовые воды мелового комплекса, выведенные эксплуатационными скважинами на поверхность за счет избыточного давления, подаются потребителю и после снятия теплового потенциала сбрасываются в естественные или искусственные водоемы. Допустимое понижение напора термоминеральных вод определяется с учетом обеспечения подачи термоминеральных вод до потребителей самотеком и оценивается величиной в пределах 200-225 м.

Теплоэнергетическое использование термоминеральных вод предполагает их подачу для теплоснабжения и горячего водоснабжения близ расположенных потребителей (санаторий, цех по розливу воды, цех по разведению рыбы и др.), а также отопления теплично-парникового хозяйства.

Возможна прямая подводка термальных вод к системе отопления с обеспечением средней температуры нагревательных проборов 67-70°C. Система теплоснабжения должна предусматривать наличие возможности разбора воды на технологические нужды и горячее водоснабжение. Обратная сетевая вода после систем отопления и вентиляции и отработки теплового потенциала до 40-45°C может быть использована как в системах горячего водоснабжения, так и иных технологических целях (таких как термообработка бетона, мойка шерсти, обработка древесины, сушка фруктов, изготовление комбикормов и т.п.). После охлаждения воды до 25-30 °C она применима для теплого орошения открытого грунта (повышение урожайности на 25-30%) и подогрева рыбообразных прудов. Тем самым, потребность в воде для орошения и прудового хозяйства может быть удовлетворена за счет повторного использования воды после снятия ее теплового потенциала при соответствующей водоподготовке.

Использование термоминеральных вод в качестве лечебных минеральных (бальнеолечение и промышленный розлив) требует оборудования отдельных минераловодоводов, соответствующих существующим санитарно-гигиеническим правилам транспортировки и хранения минеральных вод.

Отсутствие в указанной воде вредных веществ, стабильный физико-химический состав, позволяет осуществлять ее сброс после необходимой обработки в открытые искусственные водоемы (ботанические площадки).

Таким образом, из-за повторного использования воды за счет применения схем комплексного их использования, суммарная потребность в термоминеральной воде будет снижена на 0,8 тыс. м<sup>3</sup>/сут, не предполагая отдельный отбор воды на орошение и прудовое хозяйство.

Во время эксплуатации Усекской площади охрана термоминеральных вод от какого-либо загрязнения, ухудшения состава и истощения их запасов определяется утвержденным округом санитарной охраны, в пределах которого выделяются, как правило, три зоны: первая зона (зона строгого режима), вторая зона (зона ограничений) и третья зона (зона наблюдений). Так как термоминеральные воды на Усекской площади залегают на значительной глубине и перекрыты мощной пачкой глин, достаточно здесь выделить первую зону строгого режима вокруг эксплуатационной скважины (5x5 м).

В процессе эксплуатации месторождения термоминеральных вод важно решить вопросы сброса или захоронения отработанных вод. Подземные воды Усекской площади не содержат токсичные или вредные элементы в количествах, превышающих предельно допустимые концентрации, что позволяет производить их сброс в открытые искусственные водоемы – ботанические площадки.

Ботаническая площадка – это достаточно сложное биотехническое сооружение. Для него надо выбрать участок необходимым уклоном, чтобы вода не застаивалась, а поток растекался по всей ширине площадки. В конструкции, которую мы разработали, предусмотрено создание двух горизонтов:

верхнего – аэробного – для закрепления растений и развития сопутствующей аэробной микрофлоры;

нижнего – анаэробного – для заселения сообществом анаэробных микроорганизмов. Нижний горизонт – это слой любого химически инертного материала (галки, щебня или даже битого стекла), уложенный на водоупорный слой или специально подготовленную подложку. Поверх него насыпается песок и формируется верхний слой, т.е. укладывается грунт с корневищами растений.

На площадке такой конструкции вода охлаждается и подвергается глубокой очистке, так как в анаэробном слое органические вещества не доочищенных стоков разлагаются до простых соединений. Газы, поднимающиеся из нижнего слоя, перемешивают воду между слоями, при этом на дно оседают мелкие частицы. На ботанической площадке такого типа очистка воды может идти круглый год (а не только в период вегетации растений) за счет длительности бактерий.

После очищения вода подается на пруды для разведения рыбы или на поля орошения.

Скважина 3-Т длительное время находилась на самоизливе (с 1986 г.). Опыт эксплуатации скважин при извлечении термоминеральных вод свидетельствует о том, что химический состав и температура воды оказывают агрессивное воздействие на запорную арматуру и на наблюдательные приборы. В связи с этим необходима периодическая плановая замена оборудования скважин (Технические характеристики приборов и запорной арматуры при этом должны соответствовать высокой температуре и давлению скважин).

В связи с тем, что бурение эксплуатационных скважин стоит больших затрат, а также учитывая техническое состояние скважины 3-Т (по всему стволу скважин произведена затрубная цементация, устье скважин оборудовано фонтанной противовыбросной арматурой) данную скважину предполагается использовать как эксплуатационную.

Для рационального использования термальных подземных вод предполагается, во-первых, скважину оборудовать дополнительными (резервными) задвижками высокого давления для аварийного закрытия скважины, и во-вторых установить на устье электрический расходомер для учета расходования воды.

4. Техничко-экономическая оценка использования подземных вод и временные кондиции к месторождению

Наличие в недрах Жаркентской впадины значительных естественных запасов термоминеральных вод предопределяет возможность их комплексного освоения в целях теплофикации и горячего водоснабжения населенных пунктов, промышленных и сельскохозяйственных предприятий, организации тепличных и рыборазводных хозяйств, бальнеологии, извлечения отдельных компонентов или соединений (гидроминеральное сырье), раннего полива сельскохозяйственных культур и орошения земель. При этом должна учитываться технология добычи пластовых вод, включающая совокупность

способов, средств и процессов извлечения, обработки и доставки теплоносителя с заданными качеством и уровнем экономической эффективности их использования. Под качеством теплоносителя понимается его температура, степень минерализации, коррозионная активность, газоносность, содержание вредных примесей и др. показатели. Отдаленность Панфиловского района от источников энергии, скудность местных запасов традиционных топливных ресурсов определяет актуальность проведения работ по вовлечению термоминеральных вод района в топливно-энергетический баланс, осуществления организационных мероприятий, направленных на поддержку потенциальных внешних и внутренних инвесторов.

Детальная экономическая оценка использования термоминеральных вод Приилийского месторождения будет подготовлена на стадии оформления материалов для заключения контракта на их добычу. Ниже приведены основные технико - экономические показатели, обосновывающие временные кондиции к месторождению:

Температура воды на устье скважин - 67°C

Проектная производительность - 2600 м<sup>3</sup>/сут

Количество скважин - 1 скв. № 3т

Глубина скважин – 2245м

Дебит скважин – 3260 м<sup>3</sup>/сут

Избыточное давление на устье скважин - +216 м

Минерализация воды - до 1 г/дм<sup>3</sup>

Требования к качеству воды- соответствие требованиям ГОСТ 2874-82

Вода питьевая» и СанПиНа РК 3.01.067.97.

Допустимое понижение 200м

Размеры горного отвода – 7 га

Способ отработки – фонтанный)

Целевое назначение- Теплоснабжение и отопление, бальнеология

Транспортировка воды – самотеком (от резервуара-накопителя)

Расчетный срок эксплуатации - 10000 тыс. сут.

Режим водоотбора – крановый (8 часов в сутки)

Утилизация отработанных вод - Сброс через отстойник на поля фильтрации

Продуктивный водоносный горизонт верхнемеловых отложений Усекской площади залегает на глубинах от 2292 до 2376м. Водовмещающими породами являются средне- и мелкозернистые песчаники. Дебит скважины 3-Т при опытном выпуске составил 36,7 л/с при понижении уровня воды на 137,8 м. Пьезометрический уровень установился на 216м выше поверхности земли (избыточное давление на устье скважины 21,6атм). Химический состав сульфатно-гидрокарбонатный натриевый с общей минерализацией 0,48 г/л. Температура воды на самоизливе 67°C.

Термоминеральные воды скважин являются среднепотенциальными, перспективными для коммунально-бытовых целей (теплоснабжение и горячее водоснабжение, обогрев теплиц). По мере снятия теплового потенциала такую воду используют в различных технологических целях (таких как термообработка бетона, мойка шерсти, обработка древесины, сушка фруктов, изготовление комбикормов и т.п.). После охлаждения воды до 25-30°C ее применяют для теплого орошения открытого грунта (повышение урожайности на 25-30%) и подогрева рыбозаводных прудов.

Физико-химическое изучение термоминеральной воды скважины показало, что она является слабоминерализованной слабощелочной гидрокарбонатно-сульфатной натриевой азотной термой с повышенным содержанием органических веществ и кремнекислоты.

В соответствии с основными показателями бальнеологической значимости термоминеральная вода скважины 3-Т может быть рекомендована как для внутреннего использования, при болезнях органов пищеварения, нарушениях обмена веществ, так и для внешнего - в виде ванн, душей (температура воды - 35-42°C), лечении заболеваний нервной системы, опорно-двигательного аппарата, кожи и др.

Учитывая эксплуатационные характеристики Усекского месторождения термоминеральных вод, предполагается фонтанная эксплуатация скважины. Пластовые воды мелового комплекса, выведенные эксплуатационной скважиной на поверхность за счет избыточного давления, подается потребителю и после снятия теплового потенциала сбрасываются в естественные или искусственные водоемы. Допустимое понижение напора термоминеральных вод определяется с учетом обеспечения подачи термоминеральных вод до потребителей самотеком и оценивается величиной в пределах 200 м.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Кан С.М., Вялов В.Д. и др. Отчет о результатах разведочных гидрогеологических работ с подсчетом эксплуатационных запасов по скважине 3Т по состоянию на 15.10.2016 г. - Алматы ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина», 2016. -47 с.
- [2]. Мухамеджанов С.М., Кан М.С., Вялов В.Д. Оценка подземных термальных вод Казахстана как не-традиционного источника энергии: отчет НПА «Ыстық Су», рег. № 456. - Алматы. -1995.-132 с.
- [3]. Дворов И.М., Дворов В.И. Освоение внутриземного тепла. – Москва Наука, 1984-160 с.
- [4]. Основы гидрогеологии. Использование и охрана подземных вод. Новосибирск: Наука, 1983 - с.118-137.
- [5]. Гидрогеотермические ресурсы юга и северо-востока Казахстана. Алматы: Наука, 1988. - 127 с.
- [6]. Подземные термальные воды Казахстана. Алматы, 1990. - 92 с.
- [7]. Создание опытного производства и разработка принципиальной технологической схемы каскадного использования водно-энергетического потенциала Жаркентского месторождения геотермальных вод для нужд международного центра приграничного сотрудничества «Хоргос» и населенных пунктов Панфиловского района Алматинской области: отчет НИР (промежуточный)/ ТОО «Институт гидрогеологии и геоэкологии им. У.М. Ахмедсафина». - Алматы, 2012. - 88 с. - Инв. № 0212РК01125

Муртазин Е., Байкадамова А., Кисмельева Б.

**3-т Жаркент ойығы ұңғымасының термалды суын кешенді пайдалану**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада Жаркент ойығының термалды суын кешенді пайдалану мәселесі қарастырылады. Қазір бүкіл әлемде жаңа энергия көздерін іздену бойынша қарқынды зерттеулер жүргізілуде. Келешегі бар бағыттардың бірі – бұл ядролық және термоядролық энергияны пайдалану. Басқа түрі – бұл дәстүрлі емес энергия көздері, оның ішінде геотермалды энергия (ГТЭ - жер қойнауында табиғи жолмен түзілетін жылу) күн радиациясынан кейін екінші орынды алады.

**Негізгі сөздер.** Термалды су, геотермалды энергия, ұңғыма, Жаркент ойығы.

Murtazin Ye., Baikadamova A., Kismelyeva B.

**The integrated use of thermal waters wells 3-t zharkent depression.**

**Summary.** This article addresses the question of complex use of thermal waters Zharkent depression. Now the world is engaged in intensive research to find new sources of energy. One of the promising directions is the use of nuclear and thermonuclear energy. Is alternative energy sources, among which geothermal energy (GTE) is heat generated naturally in the bowels of the Earth - takes the second place after solar radiation.

**Key words.** Thermal water, geothermal energy, well, Zharkent hollow.

ӘОЖ 556.3 (574)

<sup>1</sup>Қ.Т. Сапаров, <sup>1</sup>Н.Ж. Женисқбаева, <sup>1</sup>Н.К. Кабдрахманова, <sup>2</sup>Ш. А. Шарапиева

(Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университеті,

Астана, Қазақстан Республикасы, [k.sapar67@yandex.ru](mailto:k.sapar67@yandex.ru),

Шәкәрім атындағы Семей мемлекеттік университеті,

Семей, Қазақстан Республикасы, [shynar.sharapieva@mail.ru](mailto:shynar.sharapieva@mail.ru))

**ОҢТҮСТІК АЛТАЙДЫҢ СУ НЫСАНДАРЫНЫҢ ҚОЛАЙЛЫЛЫҚ ДӘРЕЖЕСІН АНЫҚТАУ**

**Аңдатпа:** Мақалада зерттелетін аймақ Оңтүстік Алтайдың туристік-рекреациялық әлеуетінің негізі болатын су нысандарына баға берілген. Осы бағалаудың нәтижесінде табиғи-рекреациялық аймақтардың гидрологиялық қолайлылық дәрежесі бойынша топтастырылған.

**Түйін сөздер:** туризм, рекреация, ландшафт, климат, гидрология, қолайлылық дәрежесі.

Демалыс пен емдік-сауықтыру туризмін дамытудағы маңызды табиғи фактор ретінде Оңтүстік Алтай аумағының өзендері мен көлдері болып табылады. Қара Ертіс, Қалжыр, Күршім, Бұқтырма, Нарым сияқты мол сулы өзен торлары әр түрлі дәрежелі маршруттарды құрып, су туризмін дамытуға мүмкіндік береді. Жағажайда демалып, ауа және су ванналарын қабылдап, шомылу адам ағзасының температурасын реттейді, жүйкенің, жүрек-қан тамырларының қызметін жақсартып, зат алмасуды реттейді, адамның ынтасын арттырады. Су емдік қана емес, рекреациялық іс-әрекеттерде де орасан зор рөл атқаратындықтан, демалыс аймақтарының басым көпшілігі теңіздер мен көлдердің, су қоймаларының жағасында және өзен аңғарларында орналасады.

Табиғат кешенінің су нысандары Оңтүстік Алтайдың трансшекаралық аймағының табиғи рекреациялық ресурстарының маңызды бөлігі болып табылады. Зерттелетін аймақтың көптеген көлдері өзінің көріктігімен туристерді қызықтырып және туристік тур жасауда басты нысан болып табылады. Оңтүстік Алтайдың су нысандарының рекреациялық тұрғыдан қолайлылық дәрежесін анықтауда келесі өлшемдер негізге алынды - су нысандарының әртүрлілігі, жылдық ағынның орташа мөлшері, өзен жүйесінің жиілігі, мұздықтардың болуы. Су нысандарының әртүрлі болу көрсеткішін анықтауда Күршім, Марқакөл және Катон-Қарағай табиғи-рекреациялық аудандарының топографиялық картасы (масштаб 1: 1000 000) бойынша су нысандары топтастырылды. Су нысандарының жылдық ағынның орташа көлемін бағалауда Қазақстан Республикасының ұлттық атласы қолданылды. Бұл сипаттамаларды 1-кестеден көруге болады [1].

Зерттелетін Оңтүстік Алтай табиғи-рекреациялық аймағы гидрологиялық ресурстарға бай біршама дамыған өңірге жатады. Аса қолайлы аймақтарға Катон-Қарағай және Марқакөл табиғи-рекреациялық аудандарын жатқызамыз. Салыстырмалы қолайлы ауданға Күршімді жатқыздық. Мұздықтардың таралуы бойынша ерекшелінетін аудан Катон-Қарағай табиғи-рекреациялық ауданы. Оңтүстік Алтайда - 254 мұздық бар, мұздықтардың типтерінде әртүрлі болып келеді: жазықты, кар тәріздес, баурайлы, аспалы. Көлге бай аймақтардың ішінде өзіне аттас Марқакөл ТРА жатқызамыз [2].

Оңтүстік Алтайдың аумағының өзен торы жиі болып келеді. Аумағында көлбеулігі - 130 м/км дейін баратын таулы су көздері мен қарқынды каскадты тасты кемерлермен сипатталған. Зерттелетін аумақтың көптеген өзендерінде сарқырамалары бар.

Барлық өзендер мен жылғалардың ұзындығы - 1772 км, ал өзен торының жиілік коэффициенті – 0,70 км/км<sup>2</sup>. Табиғи су көздерінің жалпы ауданы - 3,77 км<sup>2</sup> құрайды.

Оңтүстік Алтайдың барлық өзендеріне тән ерекшеліктері бар.

Өзендерді коректендіретін мұздықтар, жылы маусымда (мамыр және қазан аралығында) ылғалды қалыптастырушы болып табылады. Осыған орай өзендердің өзіндік режимі қалыптасқан. Олар жаз маусымында суға мол, ал қыс мезгілінде өзінің ағының толығымен тоқтатады [3].

**Кесте 1. Оңтүстік Алтайдың су нысандарының басты сипаттамалары**

	Өзен торының жиілігі (км/км <sup>2</sup> )	Су нысандарының әртүрлілігі	Жылдық ағын модулі л/с - км <sup>2</sup>	Мұздықтардың болуы
Катон-Қарағай	1,5	3	6-12	Ірі мұздықтар
Күршім	0,7	1	4-6	Орташа мұздықтар және фирн алқабы
Марқакөл	1,5	2	4-6	Ірі мұздықтар

Осы бағалау негізінде табиғи-рекреациялық аймақтардың су нысандарының қолайлылық дәрежесіне қарай топтастырдық (сурет 1).



**1-сурет.** Су ресурстарының қолайлылық деңгейі бойынша табиғи-рекреациялық аудандарды топтастыру



Оңтүстік Алтайдың өзендеріне сипаттама бере кетсек. Ертістің ірі өзендердің бірі – Бұқтырма болып табылады, оның ауданы - 15600 км<sup>2</sup>. Бұқтырма өзені бастауын кішігірім Бұқтырма таулы көлінен алады, оның ауданы - 4 км<sup>2</sup>, бірақта нағыз қайнар көзі - 3000 м жоғары биіктіктен алатын Ақ Бұқтырма өзені болып табылады. Бұқтырманың сағалары (Шыңдағатай, Ақ Бұқтырма, Қара және Ақ Берел және т.б.) тар шатқалдардан ағатындықтан әсем сарқырамалары және каскадтарымен ерекшелінеді. Олардың еңістігі - 0,03-0,04. Бұқтырма өзенінің - 80%-ы таулармен жабылған. Орташа көп жылдық су шығыны - 25,7 м<sup>3</sup>/с, көп жылдық ағын модулі - 24,7 л/с км<sup>2</sup>, ағын қабаты - 780 мм. Судың орташа жылдық жоғарғы температурасы шілде және тамыз айларына сәйкес келіп - 10,7<sup>0</sup>С және - 10,2<sup>0</sup>С құрайды. Бұқтырма өзені қар суымен, жауын шашын, жер асты суларымен қоректенеді. Бұқтырма өзенінің жайылмалары көпшілік сипаттағы жазғы демалыс аймағы болып табылатындықтан, олардың гидроклиматтық жағдайы саяжайлық рекреацияны дамытуға, су және күн хауыздарын қабылдап, шомылуға, денені шынықтыруға өте қолайлы [4].

Ақ Берел өзені Бұқтырма өзенінің оң тармағы болып табылады. Бастауын Үлкен Берел мұздығынан алады. Өзеннің ұзындығы - 5-7 км. Ең ірі салалары *Қара Берел, Калмачиха, Язевая, Итөлген, Көккөл, Арасан*. Орташа көп жылдық су шығыны - 26,6 м<sup>3</sup>/с, ағын модулі - 25,6 л/с км<sup>2</sup>. Ақ Берел мен Бұқтырма өзендерінің қиылысуы нәтижесінде өте керемет көріністі көруге болады, оң жақ тармағы лай болса (Ақ Берел), сол жақ тармағы мөлдір су болып бірін бірі алмастырмайтын ерекшелігі бар.

Оңтүстік Алтайдың келесі ірі өзендерінің бірі - Нарым (Ертіс өзенінің басты саласы). Нарым өзені бастауын Қызыл-Қайың батпағынан алады. Ұзындығы - 69 км, алап ауданы - 2040 км<sup>2</sup>. Өзен алабының кең аңғары дала өсімдіктерімен жабылған. Нарым өзенінің басты салалары – *Маймыр, Максиха, Төмеңгі Теректі және Балғын, Березовка, Кіші Нарым және Солоновка*. Өзеннің орташа жылдық шығыны Үлкен Нарым ауылында секундына - 9,31 м<sup>3</sup>. Нарым өзенінің суын жергілікті халық суару және сумен қамтамасыз ету үшін пайдаланылады [5].

Қалжыр өзені – Қара Ертіс өзенінің оң жақ саласы, Марқакөл өзенінен ағып шығатын жалғыз өзен болып табылады (сурет 2). Ұзындығы - 122 км, алап ауданы - 3200 км<sup>2</sup>. Өзен жүйесі дамыған, 279 ағын суы бар екендігі анықталған. Ең ірі салалары – *Шұқыр-Қалжыр, Шаңдыбұлақ, Бала Қалжыр (Қаражал, Қарабұра)*. Орташа көп жылдық су шығыны - 10,7 м<sup>3</sup>/с, сағасынан - 29 км жерде (Қалжыр ауылы) - 21,9 м<sup>3</sup>/с. Шұқыр-Қалжыр өзеніне құйған кезде Қалжыр өзені оңтүстікке бағыттанып, оның аумағы тарылып, кішігірім сарқырамалары кездеседі, өзеннің түбі тасты болып келеді. Боран ауылының тұсында Қалжыр өзені Қара Ертіске құяды. Бұл көркем өзен баурайында алқымдар орналасқан, бұл жерлерді «*Қалжыр шатқалы*» деп те атайды. Қалжыр өзенінің 3 тоған салынған. Қалжыр өзенінің тәуекелді жүзуді (рафтинг) дамытуға өте қолайлы деуге болады.



2-сурет. Марқакөл көлінен жалғыз ғана ағып шығатын – «Қалжыр өзені»  
(фотода PhD докторант Женсикбаева Н.Ж.)



Күршім өзені – Бұқтырма су қоймасының оң жақ саласы, ұзындығы - 230 км, алап ауданы - 5890 км<sup>2</sup>, өзеннің айналасын тау алып жатыр. Өзінің бастауын теңіз деңгейінен - 2500 м биіктіктен алады.

[Сарымсақты](#) және [Күршім жоталарынан](#) басталып, [Күршім](#) ауылының батысында - 10 км жерде [Бұқтырма бөгеніне](#) құяды. Жоғары ағысында аңғары тар, шатқалды, ені 30-50, кей жерлерде 80 м, ағысы қатты, суы мол.

Ең ірі оң жақ салалары: *Становая (Құзғынды, Сарымсақты), Құндызды, Озерная, Маралды, Қиынсу, Жаман-Қиынсу, Бұланды, Жіңішке*, сол жақ салалары – *Қойшілік және Қыстау-Күршім (Күршім-бұлақ)*. Орташа көп жылдық су шығыны - 58,9 м<sup>3</sup>/с. Өзеннің шілде айындағы орташа айлық температурасы + 17,7°C [6].

Оңтүстік Алтай өзендері мен көлдері жағалауларының батпақты болуы, суда жүзетін жабайы құстар мен аңдардың мол болуы спорттық балық аулау мен аң аулауды ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Жергілікті жердің теңіз деңгейінен биіктігі, климат жағдайы, гидрологиялық режимі мен тереңдігіне байланысты Ертіс алабындағы су қоймалары мен өзендеріндегі шомылу маусымының ұзақтығы - 2-2,5 айдан аспайды. Физиологтардың жалпы қабылдаған пікіріне сай шомылу маусымы судың температурасы +17°C жеткенде ғана басталатынын ескерсек, өңірдің ірі өзендерінің температурасы орта ағысында төмен болуы себепті шомылуға қолайлы кезең олардың тек төменгі ағысында және шілде - тамыз айларында ғана болады.

Қара Ертіс өзенінің алабында (Оңтүстік Алтай жотасының оңтүстік экспозициясы) *Қарақаба, Арасанқаба, Темірқаба, Аққаба* және т.б. жатады, ең ірілеріне *Қарақаба өзені* болып табылады (сурет 3).



**3-сурет.** Қара Ертіс өзенінде демалумен қатар су туризмін ұйымдастыруға мүмкіндік береді

Қарақаба өзені трансшекаралық болып, Қытай шекарасына кетіп Қара Ертіске құяды. Ұзындығы - 132 км, су жиналатын алабы - 3040 км<sup>2</sup>. Бастауын [Оңтүстік Алтай](#) жоталарындағы мұздықтардан алып, мемлекеттік шекараны кесіп, [Қытай](#) жеріне өтер тұсында [Аққаба](#) өзенімен қосылып Қаба болып аталады. Басты салалары: [Арасанқаба](#), *Тарбағатай, Таутекелі* және т.б. Өзен арнасының беткейлері тік жарлы, терең шатқалды, төменгі арнасы жарлы болып келеді. Қар, жаңбыр және жер асты суларымен толығады. Көктемде тасиды. Суы өте жұмсақ әрі тұщы. Аңғарында қыстаулар мен жайлаулар бар. Өзеннің жылдамдығы - 2,5 м/сек болған кезде ені - 20 м жетеді. Өзен бойымен «*Австриялық тас жолы*» өтеді [7].

Оңтүстік Алтайдың өзендері ылғалдылығы жоғары суының молдылығымен ерекшелінеді. Барлық өзендерінің сипаты таулы, таскынды, түбі тасты болып келеді. Өзінің режиміне қарай «алтай» типіне жатқызамыз.

Аталған өзендердің барлығы дерлік негізінен мұздықтармен қоректенгенімен, ағынының қалыптасуында жер асты суы мен атмосфералық жауын-шашын да маңызды орын алады. Мұздықтармен қоректенетін сәуір- тамыз аралығында мол сулы болатын, алабы біршама ірі *Бұқтырма, Қалжыр, Күршім, Қара Ертіс* сияқты өзендер тәуекелді жүзуді (рафтинг) дамытуға, жағалауында демалып, күн және су ваннасын қабылдау, шомылып шынығу, қайықпен жүзу мақсатында кеңінен пайдаланылады [8]. Оңтүстік Алтай аумағындағы ірі өзендердің гидрологиялық-рекреациялық көрсеткіштері 2-кестеде берілген.

2-кесте. Оңтүстік Алтай аумағындағы ірі өзендеріне гидрологиялық-рекреациялық сипаттама

Өзендердің аты	Гидрологиялық сипатты		Рекреациялық іс-әрекет түрлері					
	су жинайтын ауданы км <sup>2</sup> есебімен	суының жылдық орташа шығыны м <sup>3</sup> /сек есебімен	емдік шомылу	күн және ауа ванналарын қабылдау	өзен жағалауында балық аулау	ұйымдаспаған демалыс	су туризмі	суда жүзетін құстар мен аңдарды аулау
Бұқтырма	15600	25,7	+	+	+	+	+	сағасында
Ақ Берел	1050	26,6	+	+	+	+	+	төменгі ағысында
Нарын	2040	9,31	+	+	+	+	+	төменгі ағысында
Қалжыр	3200	21,9	+	+	+	+	+	сағасында
Күршім	5890	60,8	+	+	+	+	+	сағасында
Қарақаба	3040	-	+	+	+	+	+	орта ағысында

Оңтүстік Алтай өзендерінде туристерді қызықтыратын бірнеше сарқырамалар тобы бар. Олар - *Көккөл, Язевое, Арасан* сарқырамалары.

**Көккөл** - Көккөл өзеніндегі Алтай өңірінің ең ірі сарқырамасы. Оны өзі аттас көлден ағып шығып, Ақ Берел өзеніне құятын кішігірім тау өзені түзеді. Жалпы аумағы - 0,5 км<sup>2</sup>. Көккөл өзенінің арнасы Ақ Берелмен қосылған жерінен - 80 метрлік биіктіктен - 60-70° еңістікпен, төмен құлайтын ені - 10 метрден асатын су ағынының құлақ тұндырарлық гүрлі алыстан естіледі. Керемет, алып сарқырама, самырсынды және шыршалы ғажайып орманды шатқал, бұл өлкені теңдесі жоқ сұлулыққа бөлейді.

**Арасан сарқырамасы** – Арасан өзеніндегі алып, әрі әсем тізбекті сарқырама. Оны Рахман көлінен ағып шығатын Арасан өзені түзеді. Жалпы аумағы - 0,2 км<sup>2</sup>. Ауыр су ағыны сарқырама тізбектерімен терең Берел шатқалына гүрлідей құлап, тақтатасты жартастар мен ірі қойтастардың арасынан сарқырай ағады. Тізбектің жоғарғы сатысы неғұрлым созылмалығымен, әрі биіктігімен айрықша әсерге бөлейді.

**Язевое сарқырамасы** - Язевое өзеніндегі кішігірім тізбекті сарқырама. Жалпы аумағы - 0,2 км<sup>2</sup>. Оны Ақ Берел өзенінің оң саласы Язевое өзені түзеді. Язевое көлінен - 2 километр жердегі өзен, су ағынының көп ғасырлық жұмысының нәтижесінде тілімденген граниттердің жартасты массивтерімен ағады. Сарқырама өзі аттас көлден ағып шығатын Язевое өзенінен төмен қарай - 2 км, Қараайрық ауылынан солтүстік-батысқа қарай - 10 км жерде орналасқан.

**Рахман сарқырамасы** - Рахман сарқырамасы Катонқарағай ауданы, Рахман қайнары ауылы, Арасан өзені аңғарының оң жағалауында орналасқан. Бұл бұлақ биік таулы мореналық көлден (теңіз деңгейінен - 2265 м) бастау алып, Рахман көліне құяды. Жартастардың бүйірлерінде құламалығы - 35 градусқа дейін жетеді. Рахман сарқырамасы каскад типіне жататын сарқырамалар тобына жатады. Сарқыраманың суы гранит және қатпарлы жартастардан баспалдақ тәріздес 3 каскад арқылы ағады. Каскадтың бастапқы гипсометриялық орналасуы теңіз деңгейінен - 1960 м, олардың ұзындығы - 250 м, жалпы құлау биіктігі - 160 м, сарқыраманың өзінің биіктігі шамамен - 50 м.

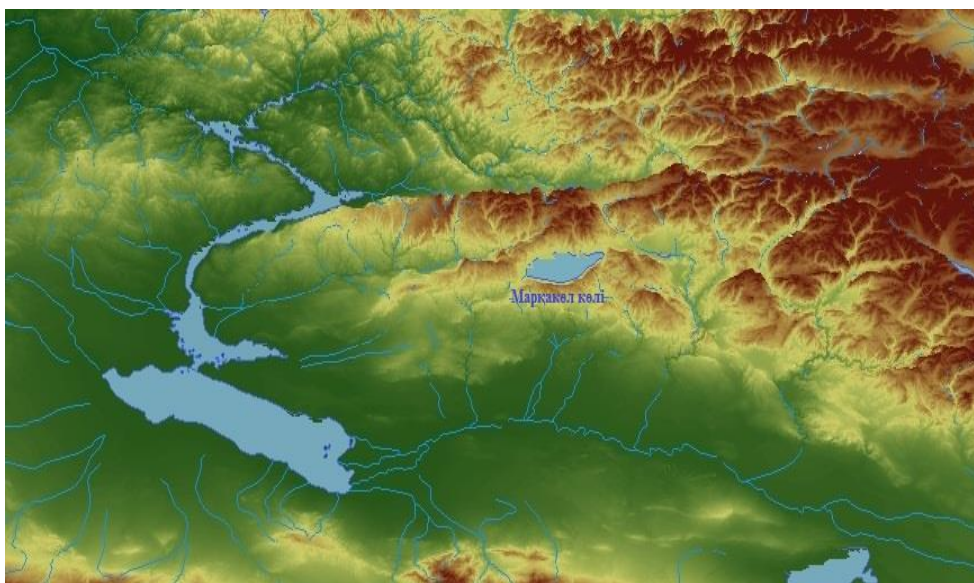
Оңтүстік Алтай көлдерге өте бай болып келеді. Жалпы зерттелетін аумақта - 500-ден астам көлдер бар. Саны мен аумағы бойынша - 1 км болатын кіші көлдер көптеп кездеседі. Көлдердің көбі абсолюттік биіктігі - 2000 м жоғары орналасқан. Тек қана ірі көлдері (Марқакөл, Рахман, Язевое) төменірек орналасқан.

Пішіні бойынша шеңбер тәріздес және сопақша тәріздес көл қазаншұңқырлар басымырақ. Көлдердің қалыптасуы бойынша кар көлдеріне жатады. Кар көлдері деп карлардың ойыстарын толтырып тұратын биік таулық көлдерді айтамыз. Кар көлдері жағалық сызығы нашар тілімделген формасы көбінесе дөңгелек немесе сопақша болып келеді. Олар қазіргі қар шегі мен бұрынғы дәуірде басқан мұздың төменгі шегінің арасындағы белгілі бір биіктік зонасын алып жатады. Өзен бойындағы көлдерді мореналық типке жатқызамыз [9].

Оңтүстік Алтайдың ең ірі көлдерінің бірі – Марқакөл, аумағы - 465 км<sup>2</sup>, [Азутай](#) және [Күршім](#) жоталарының аралығында, теңіз деңгейінен - 1449,3 м биіктікте орналасқан (сурет 4). Көлдің ұзындығы - 38 км, ені - 19 км және тереңдігі - 27 м. Көлге 100-ге жуық шағын өзендер мен бұлақтар келіп құяды, бірақ одан бір ғана [Қалжыр](#) өзені бастау алады. Жаз мезгілінде көлдің беткі температурасы - 21-23°C. Судың мөлдірлігі шамамен - 6-7 м құрайды [10].

Марқакөлдің табиғат жағдайы жылдың төрт мезгілінде түрліше өзгеріп отырады. Қалыпты климаты континентті, бірақ қысы қатаң, ал жазы жай ғана жылы болып келеді. Марқакөл Қазақстанның ең суық аймағы болып табылады. Бұл жерде қыс мезгіліндегі ең төменгі температура - 55°C-қа (Орловка елді мекенінде) жетеді. Осы көлде Оңтүстік Алтайдағы ең төменгі ауа температурасы (-41°C) тіркелген. Шілде айының орташа төменгі ауа температурасы - 14°C болса, ал қаңтар айындағы орташа ауа температурасы - 25,9°C-қа жетеді. Көп жағдайда жаз мезгіліндегі ауа температурасы - 29°C-қа дейін көтеріледі, ал қыс мезгілінде - 40-44 °C-қа дейін, кей кездері - 53°C-қа дейін төмендейді. Мұнда Марқакөл қорығы ұйымдастырылған.

Оңтүстік Алтайдың атақты және танымал көлдерінің бірі – Рахман көлі. Жалпы аумағы - 1,26 км<sup>2</sup>, ұзындығы - 2,6 км, ені - 0,6 км, су массасының көлемі - 20 млн.м<sup>3</sup>, теңіз деңгейінен биіктігі 1760 м. Жаз мезгілінде судың беткі қабатының температурасы 16°C аспайды, судың ортаңғы қабатының температурасы 6-8°C, ал тереңдігінде 4,6°C-қа жетеді [11]. Осыншама төмен температураның болуы көлдің таудың биіктігіне орналасқандығы, көлге келіп құятын өзендердің суының температурасы суық болып келетіндіктен. Рахман минералды су көздері әсемдігі жөнінен қайталанбас, ғажайып Рахман көлі қазаншұңқырының солтүстік-шығыс жағалауында, Рахман қайнарының шипалық қасиеті оның құрамындағы көмір қышқылының, радонның молдығында. Суы тұщы, минералдылығы - 200 мг/л, құрамында гидрокарбонаттар, [натрий](#), [кальций](#), т.б. элементтер бар. Рахман қайнарының суы [асказан](#), [ревматизм](#), гинекологиялық, [жүйке](#), тыныс ауруларын және әр түрлі улану мен жараларды емдеуде қолданылады.



4-сурет. Марқакөл көлінің ArcScene10 бағдарламасы бойынша 3D визуализациясы

Оңтүстік Алтайдың келесі көлдерінің бірі Язевое көлі (Қаракөл) - альпілік көлі, өзінің мөлдірлігімен және тұнықтығымен ерекшеленеді. Бұлсыз ашық күндері көл бетінен Мұзтаудың бейнесін көруге болады. Судың мөлдірлігі 4,2 м, судың беткі қабатының температурасы +16-20<sup>0</sup>С, ортаңғы қабатында +13<sup>0</sup>С, көлдің түбінде +12<sup>0</sup>С.

Оңтүстік Алтайдың ең ірі және аз зерттелген көлдерінің бірі – Бұқтырма көлі, Бұқтырма өзенінің жоғарғы аймағында орналасқан. Көлдің ұзындығы - 5 км, ені - 1 км дейін жетеді. Суының беткі қабатының температурасы +12-14<sup>0</sup>С, ортаңғы қабаты +6-8<sup>0</sup>С, көлдің түбі + 4-5<sup>0</sup>С (маусым айының соңы).

Қоңыржоң (Листвяга) жотасының оңтүстік баурайында Маралды немесе Шабанбай көлі орналасқан. Көлге Маралды және Хайрюзовка өзені құяды. Маралды көлі теңіз деңгейінен - 1718 м биіктікте орналасқан тектоникалық көлдер санатына жатады. Көлдің ауданы - 2,1 км<sup>2</sup>, тереңдігі шамамен - 4 м. Жоғарғы қабатының температурасы +13-18<sup>0</sup>С (шілде айында), судың түбінде +14<sup>0</sup>С. Беткі қабатындағы температураның ауытқуы тәулік ішінде ауа температурасының 6-дан 20<sup>0</sup> болуы салдарынан (шілде айының ортасында).

Зерттеу қорытындылары Оңтүстік Алтай көл суларының тереңдігінің 3 метрден асуы, 3 балға дейінгі әлсіз толқындардың болуы желкенді қайықпен жүзуді (яхтингті) дамытуға қолайлы екендігін көрсетті.

Территорияның рекреациялық әлеуетін бағалауда гидрологиялық табиғи ресурстарына баға берілді. Оңтүстік Алтайдың гидроресурстарын туризмнің белсенді түрін дамытуға қолайлы болып келеді. Су нысандарын бағалауда келесі көрсеткіштер негізге алынады: таяз сулы аймақтың ені, тереңдігі, температуралық режимі, суға түсу маусымдары - Оңтүстік Алтай өзендері үшін маусым, шілде, тамыз айлары қолайлы кезеңі болып табылады. Е.В. Колотованың су нысандарын бағалау әдістемесін негізге ала отырып, Оңтүстік Алтайдың су ресурстарының бағалаудың қолайлылық дәрежесі анықталды (кесте 3) [12].

Кестеде көрсетілгендей судың санитарлық-гигиеналық жағдайы аймақтың туризм дамуында маңызды рөл атқарады. Судың жағалық шекарасы, таяз жердің болуы да бағалауда маңызды рөл атқарады, себебі кез келген адам жүзе алмайды

### 3-кесте. Оңтүстік Алтайдың су ресурстарын бағалаудың қолайлылық дәрежесі

Көрсеткіштері	Қолайлылық дәрежесі		
	Қолайлы Х	Орташа қолайлы XX	Қолайсыз XXX
Судың температурасы	18-24 <sup>0</sup> С	16-17 <sup>0</sup> С 25-26 <sup>0</sup> С	16 <sup>0</sup> С төмен 26 <sup>0</sup> С жоғары
Санитарлық-гигиеналық жағдайы	таза, ластану көздері жоқ	ластану көздерін жоюға болатын, судың өзі таза-рып отырады	ШЗК мөлшері жоғары, суы ластанған

Оңтүстік Алтайдың аумағында орналасқан ірі көлдерінің бағалануын анықтадық.

Кесте 4-те көрініп тұрғандай, Оңтүстік Алтайдың Марқакөл көлінен басқасы, жалпы су ресурстары жағажайлардың болуына қолайсыз болып табылады. Физиологтардың жалпы қабылдаған пікіріне сай шомылу маусымы судың температурасы +17<sup>0</sup>С жеткенде ғана басталатынын ескерсек, өңірдің ірі көлдерінің температурасы орта ағысында төмен болуы себепті шомылуға қолайлы кезең олардың тек төменгі ағысында және шілде - тамыз айларында ғана болады.

### 4-кесте. Оңтүстік Алтайдың су ресурстарын бағалау

Объектісі	Жағалау	Суға жақын келу	Жағажайлардың болуы	Таяз жері	Тереңдігі	t <sup>0</sup> С	Санитарлық-гигиеналық жағдайы
Марқакөл	XX	XX	XX	XX	XX	X	X
Рақман қайнары	XX	XX	XXX	XX	XX	XXX	X
Язевое көлі	XXX	XXX	XXX	XXX	XX	XX	X
Бұқтырма	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X
Маралды	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	XXX	X

Белуха (Мұзтау) аумағы, Ақ Берел өзенінің алабы және Оңтүстік Алтай жотасының шығыс бөлігіндегі мұздықтарына толығырақ тоқталып кетейік. Алтай тауларында мұздықтар орташа 2600 м биіктікке түседі. Қазіргі уақыттағы мұздану аумағы - 72,3 км<sup>2</sup>. Ақ Берел алабы аумағы - 31,6 км<sup>2</sup> болатын - 26 мұздық кездеседі [13]. Оңтүстік Алтайдың ең ірі мұздықтары – Кіші және Үлкен Берел мұздықтарының морфометриялық көрсеткіштерін 5-кестеден көруге болады.

**5-кесте. Оңтүстік Алтайдың ең ірі мұздықтары**

Мұздық	Орналасуы (өзен бассейні)	Теңіз деңгейінен биіктігі, м	Аумағы, км <sup>2</sup>	Ұзындығы, м	Мұздың көлемі, км <sup>2</sup>
Үлкен Берел	Берел	1920	10,3	10,4	0,89
Кіші Берел	Берел	2100	8,9	8,3	0,72

Сонымен қатар, мұздықтар Оңтүстік Алтай жотасының шығыс бөлігінде, Бұқтырма өзенінің сағаларында кездеседі. Оңтүстік Алтай жотасының басқа бөліктерінде (Сарымсақты) мұздықтардың біраз бөлігі ғана кездеседі [14].

Оңтүстік Алтайдың гидроресурстарын рекреациялық мақсатта талдай келе мынандай қорытындылар жасауға болады:

- 1) Оңтүстік Алтайдың акваториясы туризмнің белсенді түрлерін дамытуға қолайлы болып келеді;
- 2) Оңтүстік Алтайдың өзендері мен көлдері спорттық мақсаттағы балық аулауға демалушыларды қызықтырады, әсіресе Қара Ертіс (ақ қайраң, алабұға, көксерке, тұқы, сазан, шортан, мәлім), Марқакөл (хариус), Қалжыр (алабұға);
- 3) Табиғат жағдайының алуан түрлілігімен және қызықтыратын көрікті жерлердің болуынан жаяу туристік маршруттарды ұйымдастырған жөн, атап айтсақ, Марқакөл көліне, Катон-Қарағай ауданының солтүстік және солтүстік-шығыс аймағы (Көккөл, Язовое, Арасан, Рахман сарқырамаларына), Күршім, Қара-Қаба, Бұқтырма өзендеріне;
- 4) Зерттелетін аймақтағы көлдер таулы болғандықтан жазда суға түсуге ішінара қолайсыз болып табылады, тек қана Марқакөл көлі суының температурасы қолайлы екендігін аңғаруға болады;
- 5) Оңтүстік Алтайдың су нысандарын шартты түрде туризммен қамтамасыз ету өте қолайлы және салыстырмалы қолайлы болып келеді.
- 6) Шипажайлық емделуге қажетті емдік балшық ретінде Мыңшұңқыр сорлы-батпақ аумағын қолдануға болады. Бұл жердің батпағы буын ісіктеріне, тері ауруларына, аяқ-қол тартылып, қақсағанға тағы басқа ауруларға шипа болған. Сорлы-батпақтың адам ағзасына шипажайлық әсері туралы лабораториялық талдаудан өтіп жеке экспедициялық зерттеулердің ішіндегі маңызды жұмыстарының бірі болып табылады.

Орындалған жан-жақты зерттеулер Оңтүстік Алтайда туризм мен демалысты дамыту үшін болашақта өзен көл алабындағы биік тау мұздықтары мен күрделілігі әр түрлі дәрежелі асуларды көп салалы туризм мен демалысты ұйымдастыруға пайдалы. Біршама жақсы зерттелген Оңтүстік Алтайдың су нысандарының қолайлылық дәрежесі бойынша топтастырылған көп рекреациялық жерлер анықталды. Су нысандарын туризм үшін қолайлылық дәрежесін анықтау Оңтүстік Алтайдың табиғи-рекреациялық аудандарында рекреациялық мамандануын айқындап, оларға сай әлеуметтік инфрақұрылымдарды дамытуға мүмкіндік береді деген сенімдеміз.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Национальный атлас Республики Казахстан: в 3 т. / под. ред. А.Р. Медеу. – Алматы, 2010. – Т.2. - 164 с.  
 [2] Гармс Е.О. Оптимизация рекреационного природопользования в Алтайском трансграничном горном регионе: автореферат на соискание канд. геог. наук. – Барнаул, 2016. – 20 с.  
 [3] З.Женсикбаева Н.Ж. Оңтүстік Алтай өзендерінің физикалық-географиялық сипаттамасы «Жаратылыстану ғылымдары саласындағы қазіргі заманғы зерттеулер» атты ғылыми-практикалық конференция материалдары. С.Аманжолов атындағы ШҚМУ экология және география кафедрасы, Өскемен қ., 2015 жыл.  
 [4] Ресурсы поверхностных вод СССР. Центральный и Южный Казахстан. Бассейн оз. Балхаш. Т.13. вып.2. Гидрометеоздат, 1970 - С.97-115.  
 [5] Егорина А.В., Зинченко Ю.К., Зинченко Е.С. Физическая география Восточного Казахстана. Учебное пособие / Под.ред. А.В. Егорина. – Усть-Каменогорск, 2002.-182с.  
 [6] Филоненко П.П. Очерки по географии внутренних вод Центрального, Южного и Восточного Казахстана (озера, водохранилища и ледники).- Алматы: Наука, 1981.-292с.

- [7] Давыдов М.И. СССР физикалық географиясы II том / М.И.Давыдов, А.И.Каменский, Г.К.Тушинский, Г.К.Тушинский, Н.П.Неклюкова. – Алматы: Мектеп, 1974. - 224 с.
- [8] Чупахин В.М. От пустынь до горных вершин.- Алма-Ата: Казахстан, 1966.-С.50- 55.
- [9] Филоненко П. П., Омаров Т. Р., Муравлев Г. Г. Озера Казахстана. — В кн.: Проблемы физической и экономической географии Казахстана. Вып. 17, Алма-Ата, «Наука» КазССР, 1975.
- [10] Михайлов В. Марқакөл / В.Михайлов / ор. т. ауд. Ғ.Есмағанбетов. Алматы: Қайнар, 2006. – 180 б.
- [11] Женсикбаева Н.Ж. Перспективы развития туристско-рекреационной деятельности в Южном Алтае. Записки Усть-Каменогорского Филиала Казахского Географического Общества: Науч. Журнал./ Под ред. А.В. Егориной. - Усть-Каменогорск: Рудный Алтай, 2011. - Вып.5. – С. 176-178.
- [12] Колотова, Е. В. Рекреационное ресурсосведение / Е.В. Колотова. – М., 1999. – 131 с.
- [13] Тронов М.В. Очерки оледенения Алтая.-М.: Географгиз, 1949.-251с.
- [14] Дюкарев А.Д. Особенности формирования снежного покрова Южного Алтая/ А.Д.Дюкарев. – Усть-Каменогорск: КГО, 2009. – 104 с.

Сапаров К.Т., Женсикбаева Н.Ж., Кабдрахманова Н.К., Шарапиева Ш. А.

**Определение степени благоприятности водных объектов Южного Алтая**

**Резюме:** В статье представлена рекреационная оценка водных объектов Южного Алтая, являющаяся основой для оценки всего туристско-рекреационного потенциала исследуемой территории. На основе этих оценок построена типология природно-рекреационных районов по степени благоприятности водных объектов.

Ключевые слова: туризм, рекреация, ландшафт, климат, гидрология, степень благоприятности.

Saparov K. T., Zhensikbayeva N.Zh., Kabdrakhmanova N.K., Sharapiyeva Sh.A.

**Definition of degree of usefulness of water objects of Southern Altai**

**Summary:** The recreational assessment of water objects of Southern Altai which is a basis for assessment of all tourist and recreational capacity of the explored territory is presented in article. On the basis of these estimates the typology of natural and recreational areas on degree of usefulness of water objects is constructed.

**Keywords:** tourism, recreation, landscape, climate, hydrology, usefulness degree.



УДК 735

<sup>1</sup>Ю.Г. Никитина, <sup>1</sup>И.П. Поезжаев, <sup>1</sup>Г.А. Мырзабек, <sup>1</sup>Т.В. Разуваева, <sup>2</sup>К.А. Алибаева  
(<sup>1</sup>ТОО «Институт высоких технологий», Алматы,  
<sup>2</sup> КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Республика Казахстан)

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ДОБЫЧУ УРАНА

**Аннотация:** Представлена методика комплексного изучения залежей месторождений урана гидрогенного типа с применением процессного моделирования, позволяющего обосновать оптимальные схемы вскрытия и отработки, с решением следующих вопросов:

- выбор ряда возможных схем вскрытия, обычно применяемых в практике отработки месторождений;
- построение моделей гидродинамики и массопереноса для выбранных модельных схем вскрытия;
- определение путей оптимизации и построение оптимизированной схемы.

**Ключевые слова:** Уран, подземно-скважинное выщелачивание, закисление, добыча, рудоносность, гидродинамическое моделирование, фильтрационный поток, коэффициент фильтрации, оптимальная схема, скорость фильтрации, кислота, разведочные скважины, активная пористость, технологический блок.

Проблема оптимальности сетей возникла, начиная с появления первых добычных полигонов в 70-ые годы, и тогда же был сформулирован основной критерий оптимальности: получение максимального количества урана при минимально возможных затратах при данных геотехнологических свойствах руд обрабатываемого участка. Принципиально этот критерий не изменился и сегодня.

Учитывая небольшой спектр возможностей управления процессом подземно-скважинного выщелачивания, разработка оптимальной схемы вскрытия имеет первостепенное значение для успешности всего процесса отработки блока или участка. Также необходимо учесть, что в период масштабного роста объемов добычи урана в 2000-2010 гг, при постоянно растущих ценах на уран, актуальность проектирования оптимальных схем была невысокой. Но в ближайшие годы большинство добывающих компаний будут фиксировать ухудшение технологических свойств руд, что закономерно при переходе от добычи богатых мешковых руд в начале деятельности предприятий, к бедным разностям периферии рудных залежей. Сюда же будет накладываться и рост инфраструктурных издержек за счет перехода на отдаленные, более бедные залежи.

Отмеченное позволяет считать улучшение технологий проектирования схем вскрытия первостепенной задачей для научно-исследовательских подразделений.

Используемые на добычных предприятиях схемы вскрытия могут быть сведены к трем типам: прямоугольные, гексагональные и редко используемые линейные. Вопрос об оптимальности того или иного типа в явном виде решения не имеет; те или иные выводы, сделанные по опыту эксплуатации технологических блоков теми или иными схемами обычно субъективны из-за невозможности корректного сравнения блоков, вскрытых разными схемами.

С первых лет применения метода подземно-скважинного выщелачивания стало ясно, что сравнения блоков, вскрытых в натуральных условиях различными схемами, корректно выполнить затруднительно. И дело не только в больших вариациях природных геотехнологических условий выщелачивания, таких как средние мощности руд и их расположение относительно водоупоров, концентрация урана и, особенно, ее распределение – в принципе, эти сложности сравнения могут быть уменьшены путем их численного учета в прогнозирующих системах. В меньшей степени подвергаются учету субъективные факторы – разное качество освоения скважин, неверная посадка фильтров и т.п. Отсюда следует вывод, что сравнивать фактические блоки, вскрытые разными схемами, некорректно, а единственный путь нахождения оптимальной схемы вскрытия – моделирование процессов, позволяющее абстрагироваться от некоторых аспектов подземно-скважинного выщелачивания, которые не могут быть изучены и/или учтены в модели. Прежде всего, это различные виды математического моделирования.

Для проектирования оптимальных схем могут быть использованы различные математические методы. Наиболее очевидным решением является определение оптимальности по скорости фильтрации. Может быть использовано построение 2D и 3D сеточных моделей с нахождением падения давления (напора) между соседними ячейками сетки на основе формулы Дарси, интер- и экстраполяцией исходных и выходных данных на всю область моделирования и получением некоего среднего значения скорости фильтрации на заданную область в зависимости от изменения проницаемости. Такой путь реализован с использованием программного комплекса GMS и программного продукта, разработанного в ГТИМК СевМур. Несколько иной способ используется в INSITU, где не рассчитывается скорость фильтрации как таковая, а строится комплекс линий тока (коэффициент фильтрации на всей площади моделируемого блока полагается постоянным), и по соотношению их длины за заданный интервал времени возможно рассчитать скорости фильтрации и судить о полноте закисления.

Другой способ использован в системе Руднике, где скорость фильтрации не может быть визуализирована, а участвует в расчетных формулах в скрытом виде. Характеристики проницаемости задаются в целом на моделируемую единицу без учета вариаций в пространстве.

В общем случае, задача нахождения оптимальной схемы выглядит достаточно просто и не зависит сама по себе от используемых методов: моделируются различные схемы расположения скважин, рассчитываются капитальные и оперативные затраты (стоимость сооружения скважин и блоков в целом известна, удельные затраты кислоты в большинстве случаев могут быть предположены или постулированы с высокой степенью точности в масштабе технологического блока или их группы, и т.п.), рассчитывается или моделируется добыча урана, разница между доходом от добычи и суммой оперативных и капитальных затрат может рассматриваться как степень экономической оптимальности для каждого отдельного блока.

Существуют так же природные условия выщелачивания, а также человеческий фактор и прочие административные, техногенные осложнения, не позволяющие воплотиться в жизнь стройным оптимальным схемам, которых было сделано немало различными добывающими предприятиями, и которые в 50% случаев не работают так, как ожидалось.

#### **Четыре возможные схемы для вскрытия одного геологического блока.**

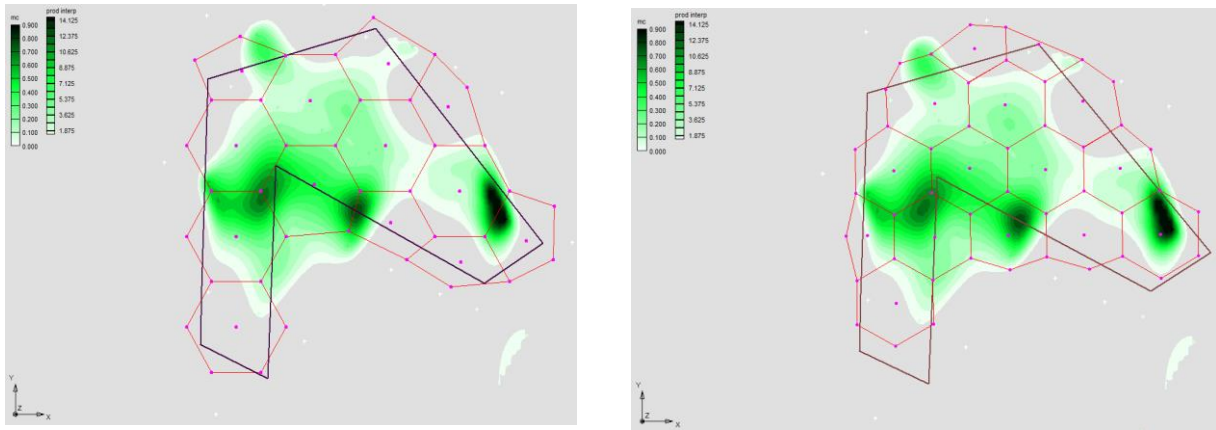
**Интерполяция данных разведочных скважин для ограничения зоны развития балансовых руд в пределах блока.**

Процесс моделирования выполнялся с использованием программного комплекса GMS-3.1 в модуле scatter point 2D. Интерполяционная схема – IDW с nodal function=gradient plane, для интерполяции использовались все значения по всем скважинам, экстраполяция за пределы контура внешних разведочных\эксплоразведочных скважин не использовалась. Такие условия интерполяции несколько занижают оценку запасов (за счет ограничения площади интерполяции только скважинами внешнего контура), но наиболее четко отражают структуру оруденения (рисунки 1-2).

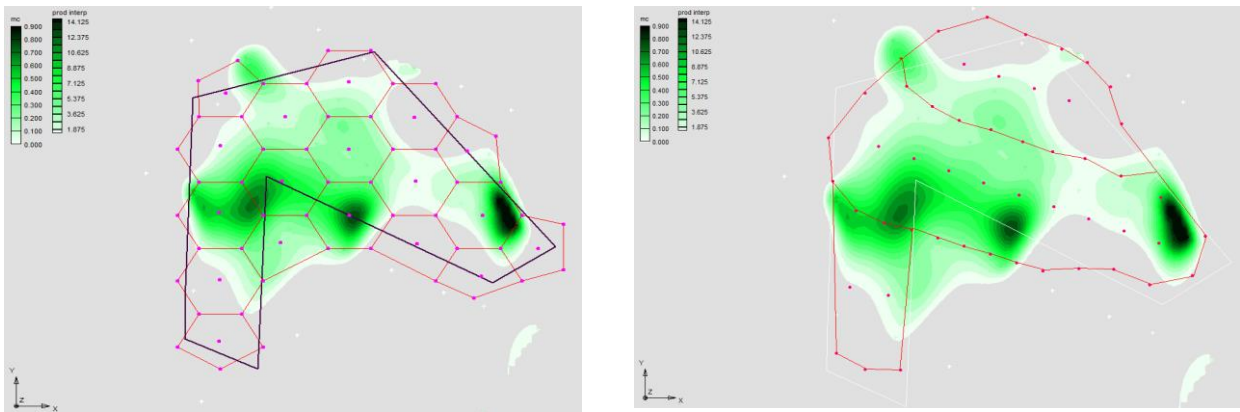
Для моделирования оптимальной схемы вскрытия использовались следующие схемы, представленные в таблице 1.

Таблица 1. Исходные условия моделирования месторождения (условные значения)

	существующая схема	гексагон 40 м	гексагон 50 м	ряд
количество откачных скважин	15	18	13	15
количество закачных скважин	42	49	37	35
Всего технологических скважин	57	67	50	50
активная мощность, м	12	12	12	12
площадь технологического блока, м <sup>2</sup>	64680	65530	66550	60980
площадь геологического блока, м <sup>2</sup>	53200	53200	53200	53200
запасы в геометрическом контуре технологического блока, т	460	470	465	451
запасы в подсчетном блоке	434	434	434	434
продуктивность технологического блока, кг\м <sup>2</sup>	7.1	7.2	7.0	7.3
Модельный дебит откачной, м <sup>3</sup> \час	10	10	10	10
Расчетная приемистость закачной, м <sup>3</sup> \час	3.6	3.7	3.5	4.3
ВР в мес	109440	131328	94848	109440
ГРМ, тыс т	1265	1282	1302	1193
Расчетное Ж\Т в мес	0.080	0.094	0.067	0.084



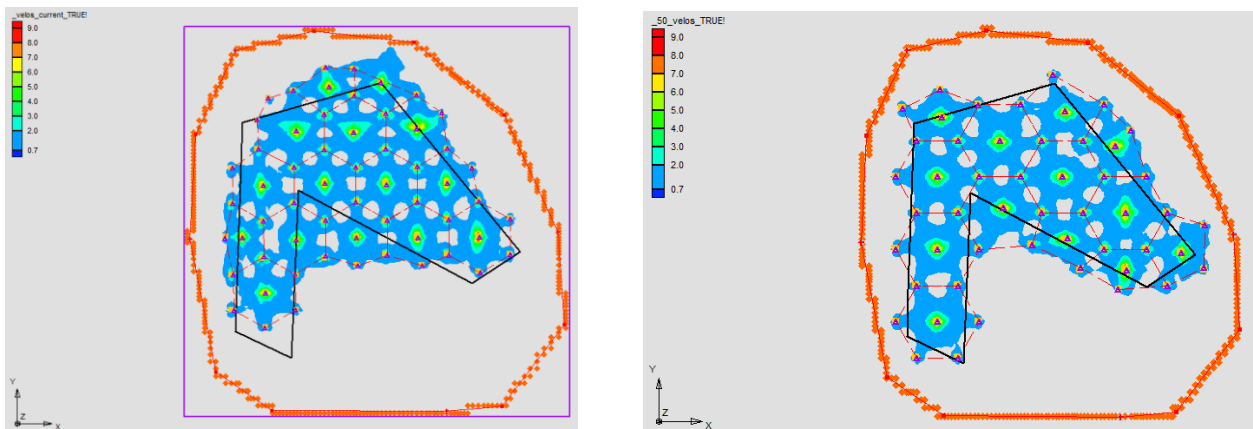
**Рис. 1.** Соотношение интерполированной рудоносности (кг/м<sup>2</sup>) и фактической схемы вскрытия, рудоносности и гексагональной схемы с радиусом ячейки 50 м



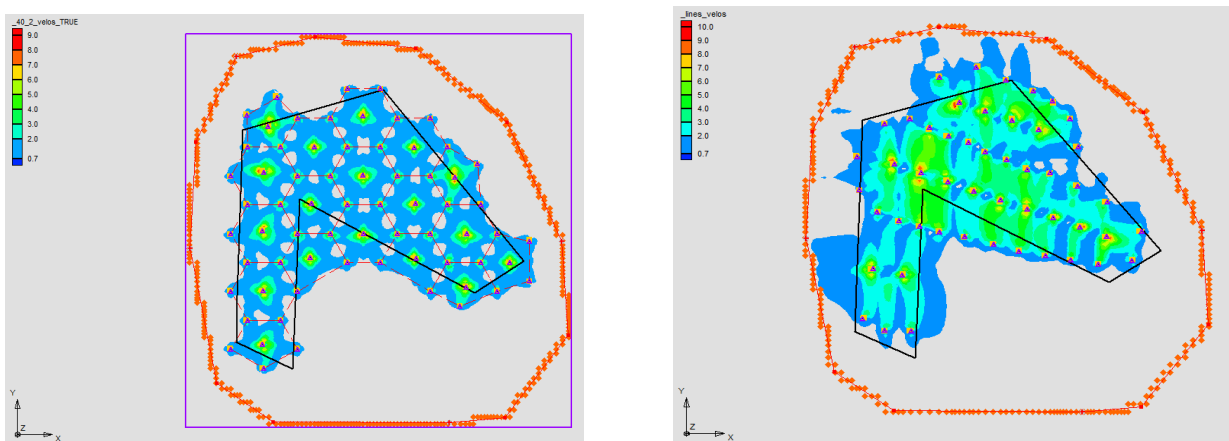
**Рис. 2.** Соотношение интерполированной рудоносности (кг/м<sup>2</sup>) и гексагональной схемы вскрытия с радиусом 40 м, рудоносности и линейной схемы вскрытия.

**Модели гидродинамики**

Строились с выходным результатам в виде действительной скорости фильтрации с учетом коэффициента активной пористости 0,18. Ниже последовательно приведены модели скоростей фильтрации для всех четырех схем вскрытия (рисунки 3-4).



**Рис. 3.** Действительные скорости фильтрации для существующей модели вскрытия и модели с радиусом 50 м. Граница геологического блока выделена черным.



**Рис. 4.** Действительные скорости фильтрации для модели с радиусом 40 м и для линейной схемы. Граница геологического блока выделена черным.

Из рисунков 3 - 4 можно видеть, что во всех гексагональных схемах наличествуют застойные зоны, как зоны падения скоростей фильтрации внутри технологических блоков. Наличие таких зон не означает, что извлечение из них не происходит, но общая скорость отработки уменьшается. В пределах линейной схемы такие зоны также существуют, но распространение их несравненно меньше, чем в гексагональных схемах.

Как результат этого этапа моделирования можно привести средние действительные скорости фильтрации, показанные в таблице 2.

**Таблица 2. Средние действительные скорости фильтрации (условные значения)**

Характеристики блоков	существующая схема	гексагон 40 м	гексагон 50 м	ряд
Средняя скорость фильтрации (с учетом активной пористости=18%), м/сут	1,12	1,14	0,92	1,52
% площади застойных зон (от площади технологического блока)	12	11	15	5
% законтурного растекания (от площади технологического блока)	11	10	15	12

На этом этапе моделирования предпочтительной в плане средней скорости фильтрации и минимизации площадей застойных зон - выглядит рядная схема

**Моделирование процессов. Результаты и сравнения**

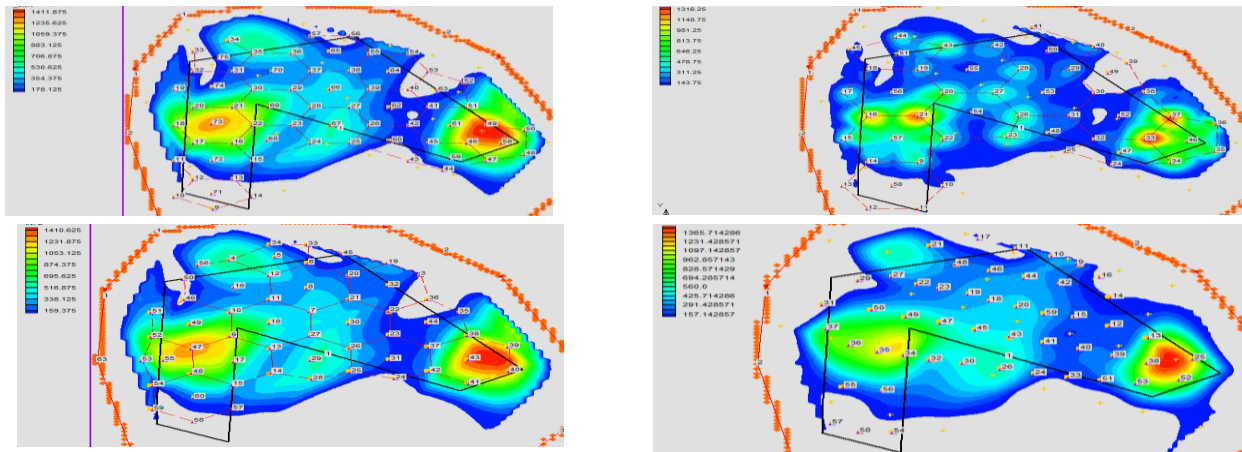
После подготовки гидродинамических моделей, результаты которых показывают оптимальность рядной схемы для вскрытия конкретного блока, проводится моделирование закисления и выщелачивания, итоговым результатом чего являются модели отработки блока по времени, с расчетом извлечения и среднего содержания урана в ПР.

Главным лимитирующим фактором в этом процессе становится выбор модели сорбции и подбор коэффициентов (от одного до четырех, в зависимости от модели), характеризующих как коэффициент распределения между ураном в твердой и жидкой фазе в заданных условиях, так и скорость перехода из одной фазы в другую.

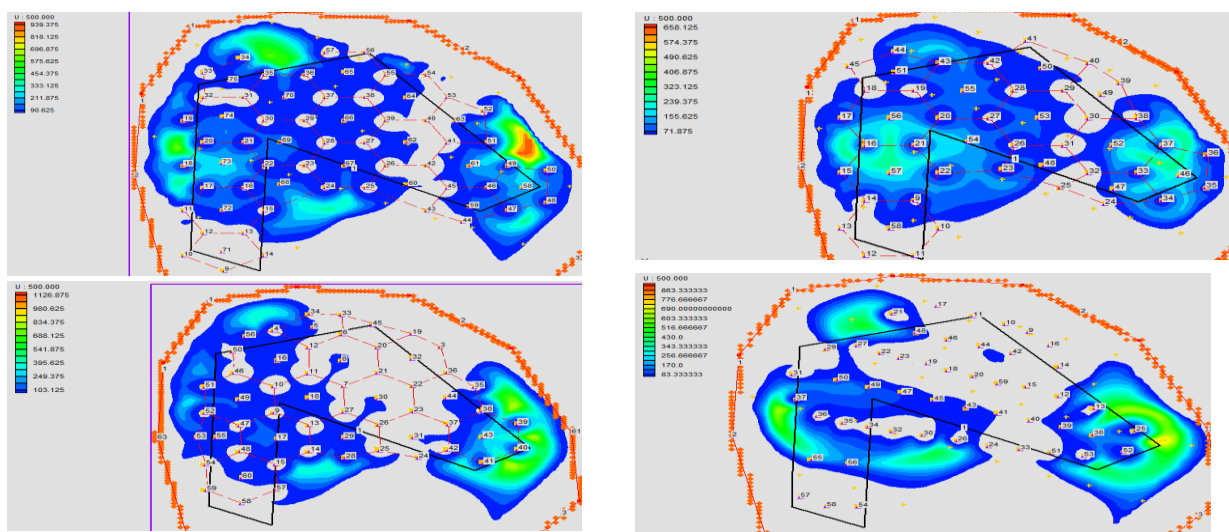
Первым результатом построенных моделей является распределение растворенного урана в поровом пространстве на конец закисления, рисунок 5.

На рисунках 6 - 9 показаны модельные распределения урана в растворах на 100-ый, 500-ый, 900-ый и 1300-ый дни от окончания закисления соответственно.

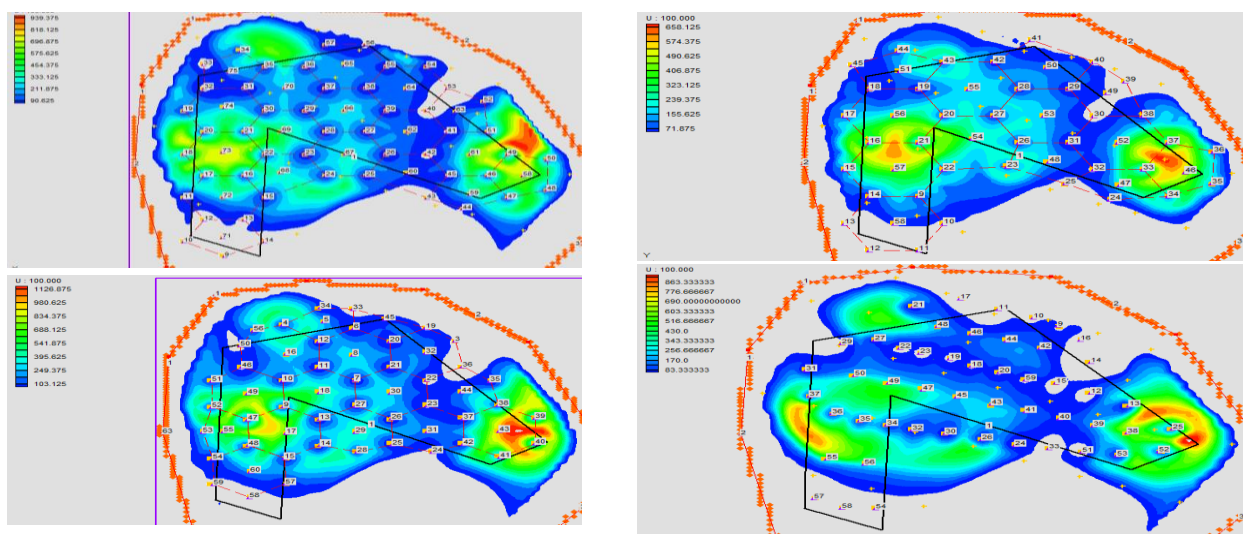




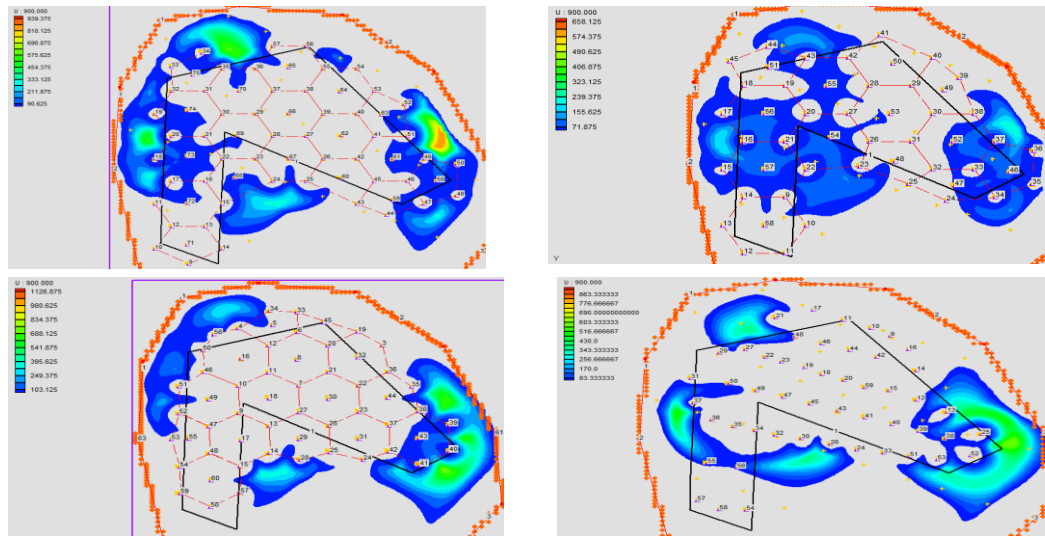
**Рис. 5.** Распределение урана в растворах на конец закисления для модельных схем (слева направо и сверху вниз): для 40м, 50м, для существующей и для линейной



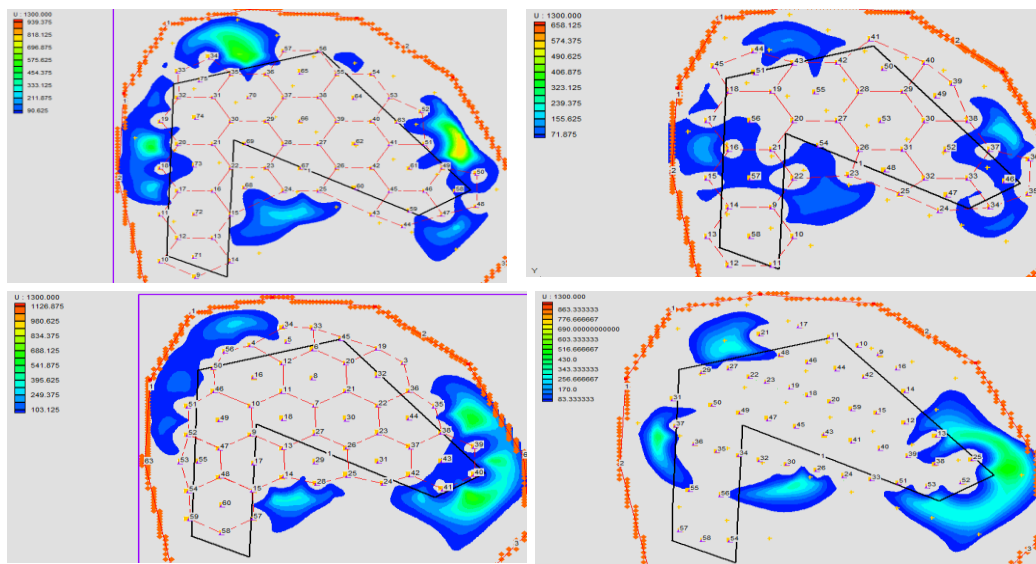
**Рис. 6.** Распределение урана в растворах на 100-ый день от окончания закисления для модельных схем (слева направо и сверху вниз): для 40м, 50м, для существующей и для линейной



**Рис. 7.** Распределение урана в растворах на 500-ый день от окончания закисления для модельных схем (слева направо и сверху вниз): для 40м, 50м, для существующей и для линейной



**Рис. 8.** Распределение урана в растворах на 900-ый день от окончания закисления для модельных схем (слева направо и сверху вниз): для 40м, 50м, для существующей и для линейной

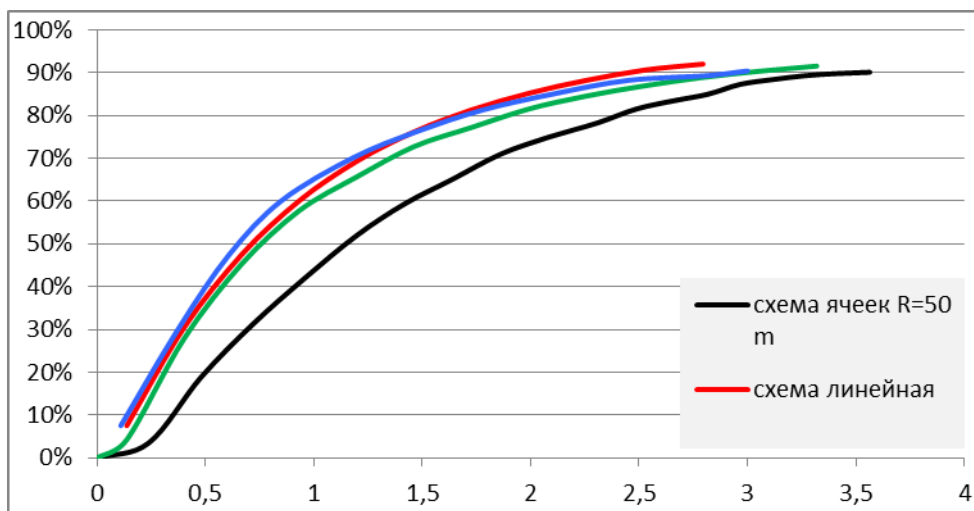


**Рис. 9.** Распределение урана в растворах на 1300-ый день от окончания закисления для модельных схем (слева направо и сверху вниз): для 40м, 50м, для существующей и для линейной

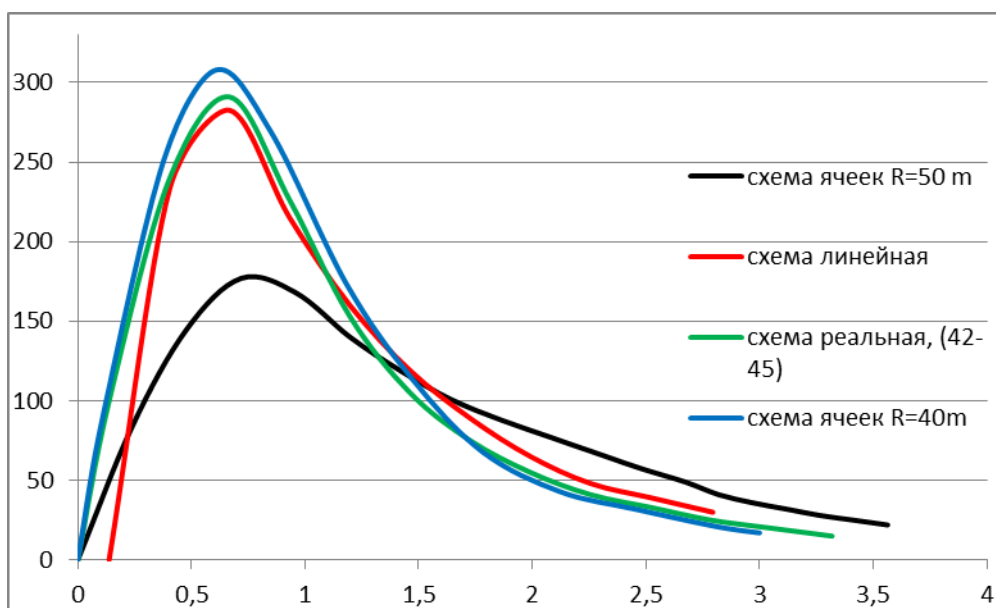
Обращает на себя внимание достаточно большой объем урана, оттесненного за пределы технологического блока. В случае совмещенных блоков этому процессу препятствует поле давления от скважин соседнего блока, в случае одиночного блока – объем оттесненного урана может составлять до 10% запасов (оценка по результатам моделирования).



Результаты моделей представлены на рисунках 10 – 11 в виде графиков извлечения и содержания урана.



**Рис. 10.** Кривые извлечения по модельным блокам. Ось X – накопленный Ж\Т, ось Y - % извлечения от подсчитанных запасов



**Рис. 11.** Содержание урана в ПР по модельным блокам. Ось X – накопленный Ж\Т, ось Y – мг\л урана в ПР

**Таблица 3. Выходные данные моделирования (условные значения)**

Характеристики моделей	существующая схема	гексагон 40 м	гексагон 50 м	ряд
Количество скважин	57	67	50	50
В т.ч. откачных	15	18	13	15
Ж\Т достижения 90% извлечения	3,1	3,0	3,5	2,9
Время работы блока, лет	3,6	3,4	5,3	3,6
Среднее содержание урана, мг\л	113,6	126,2	80,9	127,8

Принято: минимально промышленное содержание – 24 мг\л, необходимое извлечение – 90%, длительность закисления – 60 дней для всех моделей

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Подземное выщелачивание полиэлементных руд – под редакцией Н.П.Лаверова – М.: Изд. Академии горных наук.-1998-с.446
- [2] Геотехнология урана на месторождениях Казахстана – В.Г.Язиков, В.Л.Забазнов, Н.Н. Петров, Е.И.Рогов, А.Е.Рогов-Алматы, 2001,с.444
- [3] Канцель А.А. Автореферат канд дисс. Математическое моделирование динамики процесса подземного выщелачивания в неоднородном рудоносном слое. М, МГУ, 2010
- [4] В. С. Голубев и Г. Н. Кричевец, Динамика геотехнологических процессов/ Москва: Недра, 1989.
- [5] Л. Н. Кричевец, Методы определения форм и площади зоны циркуляции раствора в условиях работы системы скважин// Математические методы исследований в геологии, Москва: ВИМС, 1983.
- [6] Я. С. Басов, Основные положения физико-математической модели сернокислотного скважинного подземного выщелачивания/ Москва: МГГРУ, 2005.
- [7] Справочник по геотехнологии урана. Под ред. Скороварова Д.И. – Москва: Энергоатомиздат, 1997.

Никитина Ю.Г., Поезжаев И.П., Мырзабек Г.А., Разуваева Т.В., Алибаева Қ.А.

**Уранды шығынын оңтайландыру үшін геотехнологиялық алқаптың ашу сұлбасын жетілдіру тақырыбына мақала**

**Түйіндемесі:** ЖҰШ процесін басқарудың бірнеше мүмкіндіктерін ескерсек оңтайлы ашу сұлбасын жасау блоктың немесе учаскенің барлық процестерін табысты игерудің бірінші дәрежелік мәніне ие болады. Кәсіпорынның бастапқы қызметінде бай кең рудаларды өндіруден бастап кедей рудалы шоғырларға ауысуы заңдылығына қарай таяу жылдары көптеген өндіруші компаниялар рудалардың технологиялық қасиетінің нашарлауын белгілейтін болады. Белгіленгендер ашу сұлбаларының жобасының технологиясын жақсартудың ғылыми-зерттеу бөлімшелері үшін бірінші дәрежелі тапсырмасы деп есептеуге мүмкіндік береді.

Бұл мақала келесі сұрақтарды шешуге арналған:

- Тәжірибеде игеріліп отырған нысандарды ашу сұлбалар қатарын таңдау;
- Таңдалып алынған модельді ашу сұлбалары үшін масса тасымалдау және гидродинамикалық модельдерді құру;
- Қолайлы сұлбаларды құру және оңтайландыру жолын анықтау.

Модельдік масса тасымалдау сапасына кері әсерін тигізетін және модельдерді түзетуге мүмкіндік бермейтін факторлары аз, барлауы жоғары сапалы жүргізуге тартылған модельдік нысан ретінде уран кен орнының учаскесі таңдалып алынды.

**Түйін сөздер:** уран, жерасты ұңғыма шаймалау, қышқылдандыру, өндіру, кенмолдылық, гидродинамикалық модельдеу, сүзу ағыны, сүзу коэффициенті, қолайлы сұлба, сүзу жылдамдығы, қышқыл, барлау ұңғымалары, белсенді кеуектілігі, технологиялық блок.

Nikitina Y., Pोजjajev I., Myrzabek G., Razuvaeva T., Alibaeva K.

**Improvement of opening schemes geotechnical polygons to optimize the cost of production of uranium**

**Summary:** Given the small range of possibilities for managing the in-situ leaching process, the development of an optimal opening scheme has a paramount importance for the success of the whole process of the block or site development. In the next few years, most mining companies will record deterioration in the technological properties of ores, which is natural in the transition from extraction of rich sack ores at the beginning of operations of enterprises, to poor differences in the periphery of ore deposits. This allows to consider improvement of technologies of designing schemes of opening as a primary task for research subdivisions.

This article is devoted to the solution of the following issues:

- selection of a number of possible opening schemes, commonly used in the practice of operating objects;
- constructing models of hydrodynamics and mass transfer for selected model opening schemes;
- definition of ways of optimization and construction of the optimized scheme;

The site of the uranium deposit is selected as a model object, which is attractive by the high quality of the done investigation, the insignificance of the ore persistence factors that have a negative impact on the quality of the mass transfer models and do not allow to achieve good model tuning.

**Key words:** Uranium, in-situ leaching, acidification, extraction, ore-bearing, hydrodynamic modeling, filtration flux, filtration coefficient, optimal scheme, rate of filtration, acid, exploration wells, active porosity, technological unit.

УДК: 532.517.4

**Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, С.Ә. Бөлегенова, Ж.Қ. Шортанбаева**  
**В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова, А.З. Нурмуханова**  
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

### **ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРЫНЫҢ ТҮТАНУЫ МЕН ЖАНУ ПРОЦЕСІНЕ ҚЫСЫМНЫҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

**Аңдатпа:** Жұмыста жану камерасына әр түрлі қысымда бүркілетін сұйық октан тамшыларының жану, дисперсиясы мен таралу процестері зерттелінді. Жану нәтижесіндегі максимал температура мен тамшылардың дисперсиясына қол жеткізілді.

**Түйін сөздер:** жану, модельдеу, қысым, октан, дисперсия.

Қазіргі уақытқа дейін Навье-Стокс теңдеулерін сандық шешу негізінде аэро- және гидродинамикада қалыптасатын мәселелерді шешу қиынға соғатыны белгілі болып отыр. Сондықтан сандық зерттеулерді ғылыми-техникалық есептерді шешуде қолданудың белең алуына байланысты мәселенің үлкен ғылыми және практикалық тұстарын қамтамасыз ету керек. Бұл математикалық модельдеу әдістерінің белгілі бір пән облысына тереңдей ену шартында ғана жүзеге асатын болады.

Зерттеулердің қолда бар жеткілікті жоғары деңгейінің арқасында қарастырылып отырған бағыттарда методология мен нақты физикалық нәтижелерді кеңінен қолдану, сонымен қатар заманауи есептеуіш техниканың көмегіне жүгіне отырып, түрлі пәндік облыстарда математикалық модельдеу әдістерінің анағұрлым тиімді жолдарын пайдалану мүмкіндігі ашылу үстінде [1].

Сұйық отындарды қолдану сауалының өзектілігіне қатысты соңғы жылдары 60 миллион жеңіл автокөлік жасап шығарылатынын, яғни күніне 165 000 автокөлік өндірілетінін айтуға болады. Қазіргі буын автокөліктерінің қозғалтқыштары бірнеше он жыл бұрын қолданыста болған автокөліктерден едәуір ерекшеленеді. Қозғалтқыштардағы негізгі жану процестері бұрынғыша болғанымен бүрку түрлері ерекшелене түскен. Мысалы, жану процесін жақсарту түсетін ауаны сығу механизмімен қоса бүркуді электронды басқару жүйесіне ие қазіргі заманғы қозғалтқыштар отынның тек қажетті мөлшерін ғана жұмсайды.

Жану камерасына бастапқыда үздіксіз сұйық ағыншасы түрінде бүркілетін отын немесе тотықтырғыш газбен әсерсалу салдарынан жіпшелер мен тамшыларға жіктеліп кетеді. Түзілетін сұйық фрагменттерінен бөлінетін бу газдың турбулентті ағынымен араласа отырып, химиялық реакцияға қатысады. Егер бүрку нәтижесінде ұсақ тамшыларға жіктелмейтін болса, онда араласу процесі толық жетілмей, жану процесі толыққанды жүзеге аспайды. Осының салдарынан қуат азайып, отынның қосымша шығыны орын алады және ластаушы заттардың шығыс мөлшері күрт артып кетеді. Сондықтан бүркудің қалыптасуының күрделі процесінің мәнін түсіну және болашақ процестерді алдын ала болжау инженерлер үшін, жалпы алғанда сұйық механикасы саласында жүргізілетін зерттеулер үшін үлкен қызығушылық тудырып отыр.

m компонент үшін үзіліссіздік теңдеуі келесі түрде жазылады [2-5]:

$$\frac{\partial \rho_m}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho_m \vec{u}) = \vec{\nabla} \left[ \rho D \vec{\nabla} \left( \frac{\rho_m}{\rho} \right) \right] + \dot{\rho}_m^c + \dot{\rho}_m^s \delta_{m1}, \quad (1)$$

мұндағы  $\rho_m$  – m компонентінің массалық тығыздығы,  $\rho$  – толық массалық тығыздығы,  $\vec{u}$  – сұйық жылдамдығы.

Сұйық фаза үшін импульс тасымалдау теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\frac{\partial(\rho \vec{u})}{\partial t} + \vec{\nabla}(\rho \vec{u} \vec{u}) = -\frac{1}{a^2} \vec{\nabla} p - A_0 \vec{\nabla} \left( \frac{2}{3} \rho k \right) + \vec{\nabla} \vec{\sigma} + \vec{F}^s + \rho \vec{g}, \quad (2)$$

мұндағы  $p$  – сұйық қысымы.

Ішкі энергия теңдеуі келесі түрде жазылады:

$$\frac{\partial(\rho l)}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} l) = -\rho \vec{\nabla} \vec{u} + (1 - A_0) \vec{\sigma} \vec{\nabla} \vec{u} - \vec{\nabla} \vec{J} + A_0 \rho \varepsilon + \dot{Q}^c + \dot{Q}^s, \quad (3)$$

$\dot{Q}^c$  және  $\dot{Q}^s$  - бүркілетін отын әкелетін, жылу және химиялық реакция нәтижесінде жылу шығаруға байланысты, қайнар көз мүшесі.

Сондай-ақ, турбуленттік кинетикалық энергия  $k$  және оның  $\varepsilon$  диссипация жылдамдығы үшін екі қосымша қозғалыс теңдеулері шешіледі:

$$\frac{\partial \rho k}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} k) = -\frac{2}{3} \rho k \vec{\nabla} \cdot \vec{u} + \sigma \cdot \nabla \vec{u} + \vec{\nabla} \cdot \left[ \left( \left( \frac{\mu}{Pr_k} \right) \vec{\nabla} k \right) \right] - \rho \varepsilon + \dot{W}^s, \quad (4)$$

$$\frac{\partial \rho \varepsilon}{\partial t} + \vec{\nabla} \cdot (\rho \vec{u} \varepsilon) = -\left( \frac{2}{3} c_{\varepsilon 1} - c_{\varepsilon 2} \right) \rho \varepsilon \vec{\nabla} \cdot \vec{u} + \vec{\nabla} \cdot \left[ \left( \left( \frac{\mu}{Pr_\varepsilon} \right) \vec{\nabla} \varepsilon \right) \right] +$$

$$+ \frac{\varepsilon}{k} \left[ c_{\varepsilon 1} \vec{\sigma} \vec{\nabla} \vec{u} - c_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon + c_s \dot{W}^s \right]$$

Газ қоспасы үшін теңдеу түрі:

$$p = R_0 T \sum_m (\rho_m / W_m), \quad (6)$$

Тамшы температурасының өзгеруі энергия баланс теңдеуіне байланысты:

$$\rho_d \frac{4}{3} \pi r^3 c_l T_d - \rho_d 4 \pi r^2 RL(T_d) = 4 \pi r^2 Q_d, \quad (7)$$

мұндағы  $c_l$  – сұйықтың меншікті жылу сыйымдылығы,  $L(T_d)$  – бу пайда болуының меншікті жылуы және  $Q_d$  – бірлік көлемде тамшы бетіндегі жылу өткізгіштік. (7) теңдеу, тамшыларға жеткізілетін энергия, оны қыздырады, соның салдарынан булану болады.

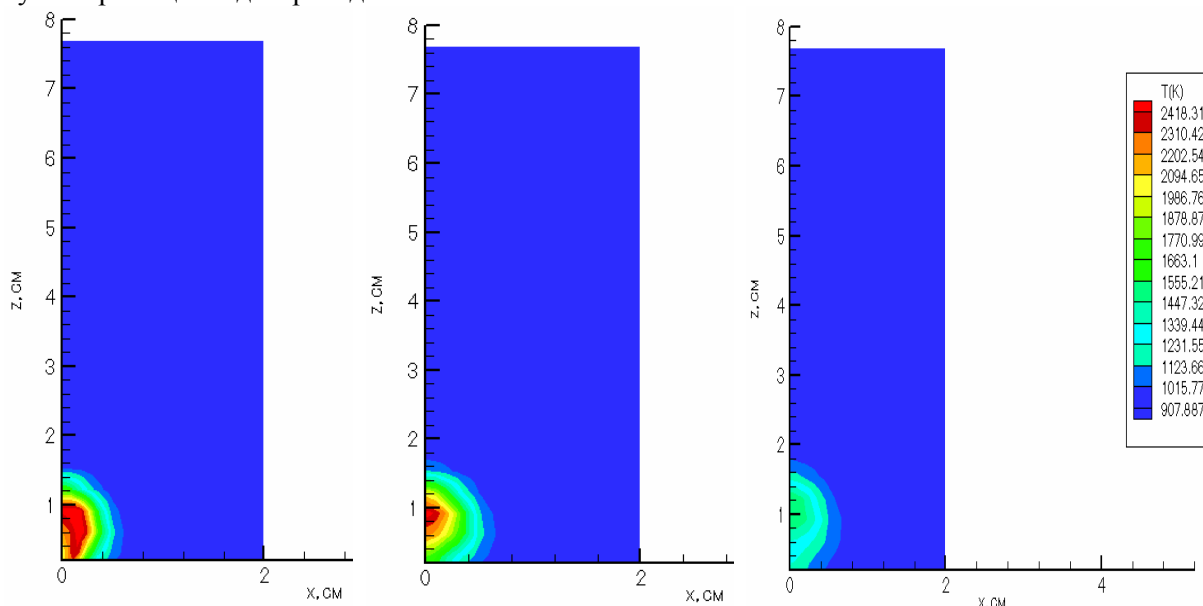
Энергетикада қолданылатын отынды әр түрлі температураларға сәйкес мұнайды өңдеу барысында алады. Алынатын отындардың ішінде карбюратор отынының маңызы ерекше, өйткені, жану жылуы жоғары, булану қасиеті жақсы болады және детонацияға тұрақты. Отынның негізгі көрсеткіші ретінде октан санын айтамыз. Бұл сан эталондық отын құрамындағы октанның мөлшерін көрсетеді. Эталондық отынды октаннан  $C_8H_{18}$  жасайды, оның октан саны 1 немесе 100-ге тең. Сонымен қатар кейде эталондық отын ретінде қалыпты гептан да  $C_7H_{16}$  қолданылады. Осы екі құраушылардың пайыздық қатынасы нақты отыны бар тәжірибелік қозғалтқыштарда сынақтан өтеді [6].

Жұмысшы қоспаның жоғарғы қысымдарында дизельдік отын қолданылады. Отын жоғары қысым кезіндегі жану камерасының ішіндегі жоғары температураның есебінен тұтанады. Осының салдарынан дизельдік қозғалтқыштардың бір ерекшелігі отынды тұтату жүйесінің жоқтығы деп айтуға болады. Цетан саны дизельдік отынның негізгі сипаттамасы болып табылады. Ол эталондық отын қоспасындағы цетанның пайыздық мөлшерін білдіреді. Дизельдік отын компоненті ретінде додекан  $C_{12}H_{26}$ , ал цетан ретінде гексадекан  $C_{16}H_{34}$  қолданылады.

Берілген жұмыста жану камерасындағы әр түрлі қысым мәндеріндегі октан сұйық отындарын бүрку, тұтану және жану процесітерін сандық модельдеу нәтижелері келтірілген. Компьютерлік модельдеу нәтижесінде жану камерасындағы бастапқы қысымның 80, 100, 120, 140 Бар мәндеріндегі бөлшектердің радиус бойынша таралуы, жану камерасындағы максимал температура мәндері, сонымен қатар жану өнімдерінің ( $CO_2$ ,  $N_2$ , soot) концентрацияларының камера биіктігі бойымен таралу графиктері алынды.

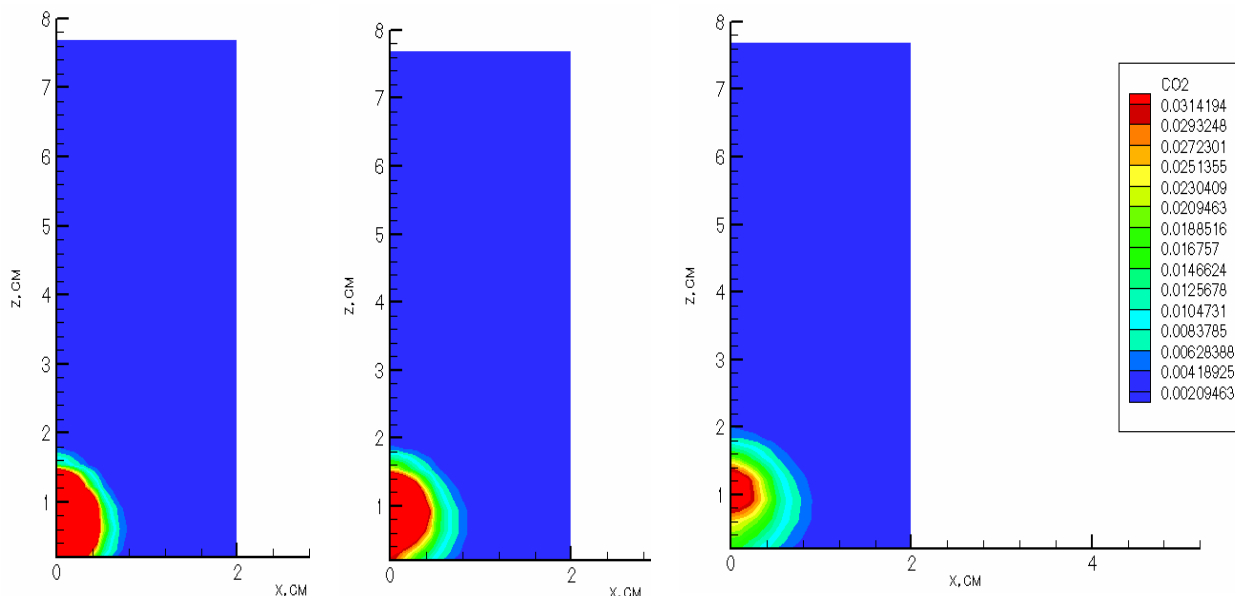
1 суретте октанның жануы нәтижесінде камера ішінде температураның таралуы бейнеленген. 1 суреттен көрініп тұрғанындай, октан үшін 100 бар қысымда 2418,31 К құрады. Камераның қалған

бөлігі 920,45 К температурада қалыпты ұзақ сақталады. Суреттен көрініп тұрғанындай, бастапқы уақыт мезеттерінде камера ішінде температура бірқалыпты таралады. Сонымен қатар температурлық алу камераның өсінде тіркелді.



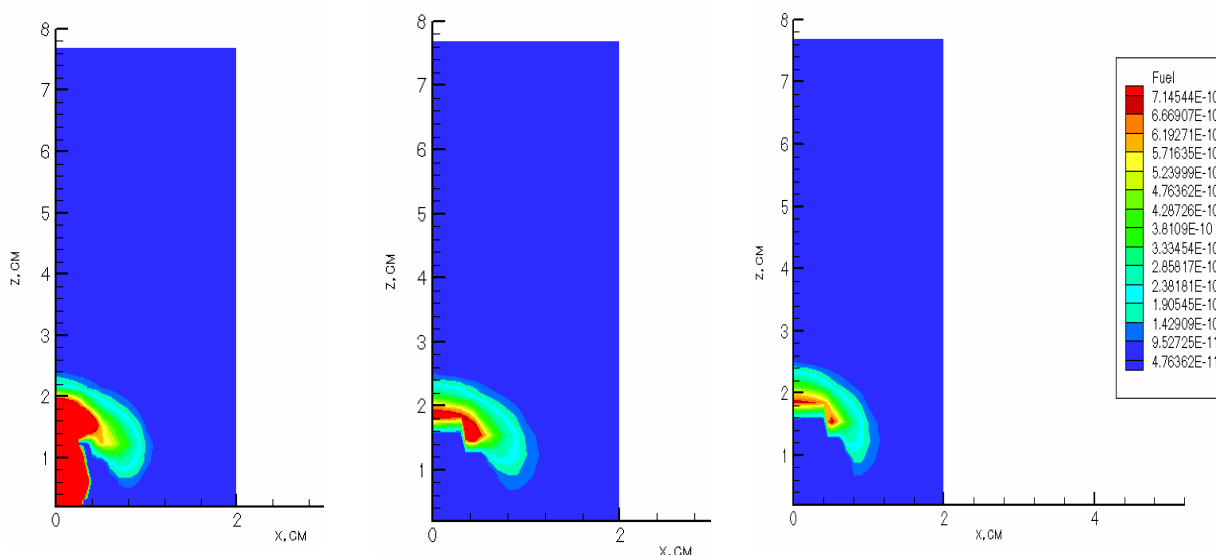
**1-сурет.** P=100 бар қысым мәніндегі октанның жануы кезіндегі камера ішіндегі максимал температураның таралуы

Төмендегі суретте октанның жануы нәтижесінде бөлінетін жану өнімдерінің концентрацияларының камера биіктігі бойымен таралуы бейнеленген. Суреттен көрініп тұрғанындай, октан үшін CO<sub>2</sub> концентрациясының мәні тиімді 100 бар қысымда 0,031419 г/г тең болды.



**2-сурет.** P=100 бар қысым мәніндегі октанның жану нәтижесіндегі көмірқышқыл газының концентрациясының камера биіктігі бойымен таралуы

3 суретте тиімді қысым мәндеріндегі октанның жануы нәтижесінде бөлінетін азот концентрациясының таралуы көрсетілген. Камера ішінде жану процесі барысында октан үшін азоттың неғұрлым көбірек сақталатын концентрациясы 0,798921 г/г мәнін көрсетті. Октан үшін барлық қысым мәндерінде азоттың концентрациясында едәуір өзгеріс байқалған жоқ.



**3-сурет.** P=100 бар қысым мәніндегі октан буының камера биіктігі бойынша таралуы

Жұмыста жоғары турбулентті ағыстарды сипаттайтын екіөлшемді дербес туындылы дифференциалдық теңдеулерді шешу негізінде және статистикалық модельдеу әдістерін басшылыққа ала отырып, сұйық отынның тұтануы мен жану процестеріне компьютерлік тәжірибелер жүргізілді. Есептеу жұмыстарын жүргізу үшін іргелі физикалық сақталу заңдары мен заманауи сандық әдістер қолданылады. Олар өз кезегінде сұйық отынның жануының нақты процесін дұрыс, жеткілікті жоғары дәлдікпен бейнелей алады.

Жұмыста әр түрлі бастапқы бүрку қысымдарының октанның жануына әсері сандық тұрғыдан зерттелінді. Октан үшін бастапқы 6 мг тең тиімді масса мәндеріндегі сұйық отындардың жану процесі зерттелінді. Жану камерасы ішіне бүркілетін сұйық отынның бастапқы қысымы 80, 100, 120, 140 бар тең етіп таңдап алынды.

Жану камерасында октанның жану процесі барысында орнайтын максимал температураның қысымға қатысты өзгерісі зерттелінді. Октан үшін алғашқы екі қысымда температура артатын болса, керісінше соңғы қысым мәндерінде кемиді. Октанның жануы кезіндегі максимал температура мәні 100 бар қысымда 2418,31 К максимал мәніне жетеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Amsden A.A., O'Rourke P.J., Butler, T.D. KIVA-II: A computer program for chemically reactive flows with sprays. – Los Alamos, 1989. – 160 с.
- [2] Волков К.Н., Емельянов В.Н. Моделирование крупных вихрей в расчетах турбулентных течений. – М.: Физматлит, 2008. – 368 с.
- [3] Askarova A., Bolegenova S., Maximov V., Bekmuhamet A., Ospanova Sh., Beketaeva M. Investigation of formation of burning harmful emissions at methane // Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International conference on Mathematical models for engineering science. – Paris, France, 2012. – P. 276-279.
- [4] Le H., Moin P., Kim J. Direct Numerical Simulation of Turbulent flow over a Backward // Proceed. of 9<sup>th</sup> Symp. on Turbulent Shear flows. – Kyoto, 1993. - №13-2.
- [5] Pope S. Turbulent Flows. – Cambridge: Cambridge University Press, 2000. – 771 p.
- [6] Askarova A., Bekmukhamet A., Bolegenova S., Beketaeva M.T., Maximov Yu.V., Ospanova Sh.S., Gabitova Z.K. Numerical modeling of turbulence characteristics of burning process of the solid fuel in BKZ-420-140-7c combustion chamber // International Journal of Mechanics. – 2014. – Vol. 8. – P. 112-122.

Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К.  
Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.

**Численное моделирование влияния давления на процессы воспламенения и горения капель жидкого топлива в камере сгорания**

**Резюме:** В данной работе исследованы процессы горения, дисперсии и распределения капель жидкого топлива в камере сгорания. Были получены распределения максимальной температуры и дисперсии капель.

**Ключевые слова:** горение, моделирование, давление, октан, дисперсия.



Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.  
Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.

**Numerical modeling of pressure influence on ignition and combustion processes of drops of liquid fuel in the combustion chamber**

**Summary:** In this paper, the processes of combustion, dispersion, and distribution of liquid fuel droplets in a combustion chamber are studied. The distributions of the maximum temperature and dispersion of droplets were obtained.

**Key words:** combustion, modeling, pressure, octane, dispersion.

УДК 006:005(574)

**К.Б. Амангелдиев, З.Ж. Уразова**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

**Б.Б. Коваленко**

(Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий,  
механики и оптики  
Санкт-Петербург, Россия)

**А.З. Нурмуханова, Ш.С. Оспанова, Ж.Б. Пердалы**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

**КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ**

**Аннотация:** В статье анализируется понятие как «Качество» и «Управление качеством», методы и средства, направленные на установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества при ее разработке, изготовлении и при потреблении.

**Ключевые слова:** качество, управление, комплексный подход.

Качество – совокупность характеристик продукции. Создать качественный продукт не менее важно, чем найти оптимальную цену или образ узнаваемого бренда. Качество продукции привлекает внимание потребителя и определяет степень конкурентоспособности производителя. Поэтому процесс создания качественного продукта является объектом управления и предполагает постоянный поиск новых подходов к управлению качеством [1].

Управление качеством – это целенаправленный процесс воздействия на объекты управления, то есть процесс который используется для выполнения требований к качеству. Современное управление качеством исходит из того, что деятельность по управлению качеством не может быть эффективной после того, как произведена продукция, эта деятельность должна осуществлять свою работу при производстве продукции или услуг.

Под эффективным управлением качества, подразумеваем достижение в использовании в комплексе всех методов и приемов отношений воздействия на исполнителей трудовых процессов. По мере развития массового производства менялся и объект контроля. Менеджмент пришел к пониманию того, что контролировать качество отдельных единиц продукции невозможно. Новым подходом стало комплексное управление качеством.

Комплексное управление качеством (TQM) – это преобразование внутри организационная стратегия, которая стремится постоянно повышать производительность и может быть достигнуто при применении философии качества и статистических методов. TQM обрело популярность в Америке в 1980 - х гг., так как успешное применение этого подхода японскими компаниями, такими как Toyota, Canon и Honda, обеспечило их продукции и международное признание. Японская система основывалась на трудах американских ведущими исследователями в этом области, как всем известные В. Эдварде Деминг, Л. Фейгенбауми Джозеф Джуран [2].

При системном подходе и комплексном использовании методов и приемов управления ссоблюдением достигнутых принципов, нужно ставить задачу о создании во всех трудовых коллективах систему под управления качеством и исследовать как по существу логическим этапом завершить совершенствование и углубление системы без дефектности.

Возникает вопрос, что представляет собой комплексная система управления качеством продукции. Наиболее точное определение комплексной системы управления это - совокупность мероприятий, методов средств, предложенная на установление, обеспечение и поддержание необходимого уровня качества продукции при ее разработке, изготовлении, обращении и эксплуатации или потреблении.

Основными преимуществами комплексной системы управления качеством являются:

- представление качества различного специализированный среды в количественной форме с помощью коэффициента оценки уровня качества;
- представление качества продукции и труда во взаимосвязи и взаимозависимости всех элементов труда (системный подход);
- возможность конкретно и наглядно оценивать уровень бездефектного труда каждого работника и каждого структурного подразделения предприятия;
- сравнимость результатов работы отдельных коллективов и исполнителей за определенный период, что имеет важное значение для организации социалистического соревнования;
- систематическое и оперативное принятие мер регулирования процессами управления качеством;
- анализ изменения качества труда в динамике;
- возможность эффективного использования систем материального и морального стимулирования [3].

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Ретроспектива взглядов в управлении качеством. Элек. стат. сборн. Санкт - Петербург: ИТМО «OpenBooks» - электронный сборник, 2016.

[2] Интернет ресурс: <http://quality.eup.ru>

[3] Коноплев С.П. Инновационный менеджмент: Учеб. пособие. - М.: ТК Велби, Изд-во Проспект, 2008, - 142 с.

Амангелдиев К.Б., Уразова З.Ж., Коваленко Б.Б., Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Пердалы Ж.Б.

#### **Сапаны басқарудың кешенді тәсілі**

**Түйіндемe:** Берілген мақалада «Сапа» және «Сапа басқаруға» сөздеріне анықтама берілген, өндіруге және тұтынуға қажетті сапа деңгейін қалыптастыру, оны әзірлеу және сақтауға бағытталған әдістемелер туралы сөз етіледі.

**Түйін сөздер:** сапа, сапа басқару, кешенді тәсіл.

Amangeldiyev K.B., Urazova Z.Zh., Kovalenko B. B., Nurmukhanova A.Z., Ospanova Sh.S., Perdali J.B.

#### **Integrated approach to quality management**

**Summary:** the article explores the concept of "quality" and "quality management", methods and tools, means for establishing, maintaining and maintaining a quality level regime for its development, manufacture, and consumption.

**Key words:** quality, quality management, integrated approach.

УДК 621.311

**Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина**

(Рудненский индустриальный институт, Рудный, Костанайская область,  
Республика Казахстан, aset85@mail.ru)"

#### **ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ РЕСУРСОВ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**Аннотация:** Показана актуальность проведения энергосбережения ресурсов. Представлены возможности проведения экономии электрической энергии в сетях 0,4 кВ.

**Ключевые слова:** экономия электроэнергии, промышленные предприятия, энергетические ресурсы, конденсационные установки, энергосберегающая технология.

Экономия электроэнергии на промышленных предприятиях является актуальной задачей сегодня и в будущем. Под экономией электроэнергии на промышленном объектах понимают сокращение расхода (потерь) энергетических ресурсов на каждом из этапов их использования.

Для реализации идеи по экономии электроэнергии на предприятии необходимо обладать достоверной информацией о состоянии системы учета на объекте. Достаточно снять показания со счетчиков и обработать данные, но учитывая различные факторы информация будет недостоверна с учетом человеческого фактора. Для осуществления экономии электроэнергии на промышленных объектах, необходимо непрерывная работа системы учета ресурсов в автоматическом режиме. Система учета ресурсов позволяет производить сбор информации о генерации и потреблении энергоресурсов, то есть производить учет ресурсов с привязкой по времени.

Наличие энергетических ресурсов является основным фактором развития экономики Казахстана. В прошлом веке основными энергоресурсами являлись уголь, нефть и газ. В связи с нестабильностью цен на нефть, газ и ограниченный запас, загрязнение окружающей среды в статье представим анализ использования нетрадиционных источников энергии, возможности использования возобновляемых источников энергии: солнца, ветра, воды.

В настоящее время разрабатываются проекты по энергообеспечению, исследуют различные источники энергии, которые стали бы конкурентоспособными сравнительно нефти, газа и угля.

В своем Послании Президент республики Казахстан Н.А. Назарбаев отметил, что экономика страны не должна полностью зависеть от минерально-сырьевых ресурсов. Поэтому, для энергетической безопасности страны в будущем, необходим переход на альтернативные, возобновляемые источники энергии. Основой конкурентоспособности применения возобновляемых источников энергии, является доступность, экономичность и экологичность. Применение возобновляемых источников энергии в республике Казахстан является главным аспектом вхождения государства в число 30 развитых стран мира. В республике стратегической задачей является замена традиционного получения энергии возобновляемыми источниками энергии.

Основным достоинством внедрения на производство - это их неисчерпаемость и экологичность. Внедрение возобновляемых источников энергии в настоящее время находится на этапе налаживания связи с партнерами.

Республика Казахстан находится на одном из последних мест по проведению энергосберегающих технологий. Анализ показывает, что потери на электроэнергию в дальнем зарубежье составляет 10% , а теплоэнергии 6%, а в Казахстане равны 40% и 30%.

Необходимо отметить, что связано это со слабым проведением энергосберегающих мероприятий, хотя Республика Казахстан обладает значительным потенциалом ископаемых энергоресурсов (угол, нефть, газ, уран). Потребление энергии в мире достигло мощности  $10 \cdot 10^9$  кВт.

Инновационная модернизация энергосистем является глобальной тенденцией. Энергетическая политика направлена на индустриальную трансформацию с созданием суперэнергосистемы, позволяющей использовать природные ресурсы и обеспечить прием любой необходимой альтернативной электроэнергии. Необходимо строить современные «умные» системы энергетики.

Рациональное использование и энергосбережение ресурсов, является главным фактором перехода экономики РК к пути экономического роста и развития. Эффективное и рациональное сбережение ресурсов, является основополагающим элементом экономического роста. Нехватка средств на запуск эффективных проектов по энергосбережению является главной причиной, тормозящей процесс ресурсосбережения на промышленных объектах. Выходом из создавшейся ситуации является переработка отходов производства, внедрение безотходных технологии, утилизация, комплексное использование сырья, которые отвечают требованиям конечного потребителя.

Повышение энергоемкости производства, количества техники, задействованной в технологический процесс и рост цен на энергоносители является одним из факторов, увеличивающих важность вопроса об экономии электроэнергии. Универсальных способов экономить электроэнергию не существует, но разрабатываются методики, технологии и устройства, помогающие вывести энергосбережение на качественно новый уровень.

Экономия электроэнергии многоплановый и необходимый стратегический подход, чтобы эффективно использовать все производственные мощности при минимально возможных энергетических затратах. Подход к экономии электроэнергии основан на использовании энергосберегающих технологий, которые призваны уменьшить потери электроэнергии. Существуют устройства и методы, ко-

торые позволяют добиться уменьшения потерь при работе оборудования, основными из которых являются внедрение в производство конденсаторных установок и частотно-регулируемых приводов.

Применение конденсационных устройств позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии за счёт компенсации реактивной мощности. Благодаря оптимизации режима потребления электроэнергии, выделяется спектр положительных моментов, получаемых при использовании конденсаторных установок:

- увеличение пропускной способности системы электроснабжения потребителя, позволяющая подключить дополнительные нагрузки без увеличения стоимости сетей;

- снижение токовой нагрузки на аппаратуру и кабели. Благодаря оптимизации режима потребления электроэнергии значительно снижается нагрев проводников, за счет чего снижаются потери при передаче электроэнергии, стабилизируется работа оборудования;

- увеличивается срок службы проводов, кабелей, электроустановок за счёт более оптимизированного режима электрической сети. Меньший уровень гармоник, более равномерная нагрузка позволяют значительно продлить срок службы оборудования;

Применение конденсаторных установок эффективно на предприятиях, где используются станки, компрессоры, насосы, сварочные трансформаторы, электропечи, электролизные установки и прочие потребители энергии с резкопеременной нагрузкой, на производствах металлургической, горнодобывающей, в машиностроении, где  $\cos(\varphi)$  колеблется от 0,5 до 0,8. Применение частотно-регулируемых приводов (устройств плавного пуска) необходимо для экономии электроэнергии.

Ряд преимуществ обладает и использование в целях экономии электроэнергии частотно-регулируемых приводов. Самые скромные подсчёты показывают, что при использовании этих устройств уровень энергосбережения увеличивается примерно на (15-20)%. Принцип действия основан на регуляции режима работы исполнительного оборудования путём подачи выходного напряжения различной частоты на контролируемые устройства. Применение преобразователей частоты позволяют получить следующие преимущества:

- оптимизация рабочего режима контролируемого устройства и увеличение срока службы. Не подверженное излишним нагрузкам оборудование будет находиться в более хорошем техническом состоянии;

- более удобное управление двигателем оборудования, в том числе равномерный запуск и плавная остановка, а также возможность обратной подачи вращения вала (реверса) двигателя. Наблюдается удобство регулирования, частотой вращения, подавая напряжение различной частоты. Положительно сказывается на техническом состоянии оборудования.

- защита двигателя от перегрузок электрической сети и недостаточного напряжения. Положительный момент, предотвращает повреждение оборудования связанного с низким качеством напряжения.

Использование энергосберегающего оборудования и энергосберегающих технологий ведет к прямому уменьшению потребления электроэнергии и обеспечивает дополнительные преимущества. Особо актуально использование энергосберегающего оборудования на предприятиях, производственных комплексах, где нерациональное потребление электроэнергии ведёт к огромным финансовым потерям. Разумным является использование энергосберегающих технологий в плане повышения качества электроэнергии, что положительно отражается на качестве работы оборудования, на сроке его службы.

В связи с вышеизложенным кафедра электроэнергетики и теплоэнергетики проводит большую работу по подготовке высококвалифицированных кадров в области для предприятий Республики Казахстан. В этом направлении проведено следующее:

- в учебный план специальности «Электроэнергетика» введены дисциплины:
- Ветроэнергетические установки;
- Энергосбережение и энергоаудит (рисунок 1);
- Управление, учет и контроль электроэнергии.
- В учебный процесс внедряются приборы и оборудование, позволяющие проводить энергоаудит;
- Подготовлены методические указания по выполнению лабораторных и практических работ

• **Технические науки**

**Вывод:**

- применение современных конденсаторных устройств, позволяет обеспечить значительную экономию электроэнергии за счет компенсации реактивной мощности;
- применение частотно-регулируемых приводов, приводит к экономии электроэнергии;
- применение современных приборов по энергоаудиту позволит привести промышленным объектам энергосберегающие мероприятия.

**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**



Применение для измерения тока только клещевые приборы, приводит к тому, что измерения и анализ данных в случае обнаружения неисправности оборудования, часто осуществляется вручную. Это увеличивает время на диагностику и устранение неисправности.

**Универсальный цифровой клещевой амперметр**

Цифровой переносной амперметр, предназначен для измерения скорости вращения двигателя, тока, напряжения и сопротивления проводки, а также и является клещевым и клещевым прибором в целом.



Модель: 435-01

**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**



Тепловизор Fluke 562-2 TMR2

Дистанционный тепловизор, температура которого измеряется для быстрого измерения температуры поверхности. Уникальные функции позволяют измерять температуру, интересную ситуацию.

Тепловизор сканирует промышленные сооружения и объекты, но также способен измерять температуру поверхности и глубину залегания металла.

**Термометр**



**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**



Термометр контактный

Позволяет измерять ток до 400 А, обладает достаточной скоростью работы и удобен в работе. Благодаря большому экрану, можно до 30 мм.

**Термометр контактный**

Предназначен для измерения температуры в любой точке, температуры в средах, рабочих жидкостях и различных условиях.



**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**



Термометр

Прибор для измерения расхода — обычный расходомер, предназначенный для измерения расхода в трубопроводах. Подходит для контроля и учета расхода, паров, газа, жидкостей, газов, нефти, смазочных масел, антифриза и т.д.

**Микроинформационный измеритель**

Прибор для измерения скорости вращения. Применяется для измерения скорости вращения вращающихся частей двигателя, турбины, компрессора и т.д.



**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**

**Тепловизор**

Устройство для измерения температуры поверхности. Работает в диапазоне температур от -20 до 1000 °C. Измеряет температуру поверхности, с помощью температуры можно измерить глубину залегания металла.

**Микроинформационный измеритель** Fluke 435

С помощью измерителя количества, измеритель может измерять количество электроэнергии, потребляемой оборудованием на предприятии. Установив измеритель на объекте, можно измерять количество электроэнергии, потребляемой оборудованием, и проводить анализ затрат, определять причины и устранять неисправности.




**УЗМ ЛАБОРАТОРИИ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ**



**Микроинформационный измеритель** Fluke 435

Микроинформационный измеритель, который позволяет измерять ток до 400 А, обладает достаточной скоростью работы и удобен в работе. Благодаря большому экрану, можно до 30 мм.

**Микроинформационный измеритель**

С помощью измерителя количества, измеритель может измерять количество электроэнергии, потребляемой оборудованием на предприятии. Установив измеритель на объекте, можно измерять количество электроэнергии, потребляемой оборудованием, и проводить анализ затрат, определять причины и устранять неисправности.



Рис. 1. Приборы для проведения энергоаудита

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хабдуллина, З.К. «Моделирование систем электроснабжения горнорудных и промышленных предприятий»: учебное пособие / З.К. Хабдуллина. - Магнитогорск, 2008. – 186с.
- [2] Хабдуллин А.Б, Оптимизация режимов работы системы электроснабжения с целью минимизации потерь мощности: монография / А.Б. Хабдуллин. - Рудный: Изд-во Рудненский индустриальный институт, 2013г., 109с.

Хабдуллин Әсет Б., Хабдуллина З.К., Хабдуллин Арман Б., Хабдуллина Г.А.

**Қазақстан Республикасының экономикасының дамуының басты бағыты- қорлардың энергия үнемделуі**

**Түйіндеме:** Мақалада қорларды энергия үнемдеуін жүргізудің маңыздылығы көрсетілген, ол өз кезегінде еліміздің экономикасын дамуының негізі болып табылады.

**Кілтті сөздер:** электр энергиясын үнемдеу, өндірістік кәсіпорындар, энергетикалық қорлар, конденсациялық құрылғылар, энергияны үнемдеу технологиясы.

Khabdullin Asset B., Khabdullina Z.K., Khabdullin Arman B., Khabdullina G. A .

**Energy saving of resources – a basis of development of economy of the Republic of Kazakhstan**

**Summary:** In article the analysis of relevance of a provdeniye of energy saving of resources which is a basis of development of national economy is given

**Key words:** economy of the electric power, industrial enterprises, energy resources, condensation installations, energy saving technology

ӘОЖ 004.7

**М.Н. Боранбай, Н.П. Сапарходжаев, Қ.А. Айдаров**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы)

**МОБИЛЬДІ ҚҰРЫЛҒЫ ҮШІН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАСЫНЫҢ ҚОЛДАНЫЛЫМЫ**

**Аңдатпа.** Қазіргі заманда қарт адамдардың кенеттен құлау мәселелері ғаламдық денсаулық сақтаудағы өте маңызды мәселелердің бірі бола бастады. Барлық адамдар арасында арнайы құрылғылардан гөрі кеңінен қолданылатын смартфон адамның құлау жағдайын анықтайтын мобильді құрылғысы ретінде таңдалған. Бұл жұмыстың мақсаты құлауды анықтау және құлауды анықтау алгоритмін әзірлеу. Пайдаланушы смартфонды жамбас қалтасына салу керек. Құлау жағдайы кезінде анықталған сигналдар қабылданған үш осьтік G-сенсоры арқылы сигналды векторлық магнитудаларға түрлендірілді. Одан кейін Z-осі туралы деректер алынды. Бұл деректер адам ағзасының бейімділігін және қолданылу аймағының жиіліктер параметрлерін енгізілетін параметрлер ретінде пайдаланылды. Талдау үшін жоғарғы деңгейлі айқын емес Петри желісі пайдаланылды. Зерттеудің нәтижесі сайкесінше жағдайлар үшін қолданылуы мүмкін.

**Түйінді сөздер:** Құлаудың анықталуы, Жоғары деңгейлі Петри желісі, Смартфон, G-сенсоры, Үйде күтім жасау.

Медициналық технологияның жетілуі арқасында және туған күнін қысқарту, Тайвань қартаю қоғамы тұрақты қарқынмен жүріп жатыр. Құлау сынған сүйектерге ғана емес, дененің ауырсыну, қозғалғыштығындағы қиындықтар және азаматтардың нашарлауы, ал кейбір төтенше жағдайларда өлім. Сондықтан, ол мәселе үшін медициналық көмек, ерекше назар аударуды талап етеді, құлаудың алдын алады. Технологияның жылдам өсуі, смартфондардың дамуы осыдан туындайды. Көптеген нарықта қол жетімді, телефондар G-сенсорымен және жақындық сенсорымен жабдықталған.

Сондықтан, жиі қолданылатын смартфон адамның құлауына қарсы құрылғылардан гөрі ұялы телефон ретінде таңдалады. Адам құлауын анықтау және құлауды анықтау алгоритмі осы мақсат үшін әзірленген. Пайдаланушы не істеу керек, смартфонды дер кезінде табу үшін оның қалтасына салыңыз. Көптеген факторлар, соның ішінде қоршаған ортаның факторлары, дене функцияларының нашарлауы, бұлшық ет күші мен тепе-теңдіктің нашарлауы әдетте негізгі фактор ретінде қаралады, бұл құлауға әкеледі. Адамның арқасында кейбір себептер бойынша адам денесінің балансын жоғалту төмендейді. Құлаудың түрлері: алға қарай құлау, тік құлау және бөкселердің құлауы. Осылайша, осы зерттеу автономды емес немесе бақыланбайтын, мінез-құлдық ретінде қарастырылды.



Төмен құлау, адам ағзасының еденге түсетін қозғалысы, денені бақылауға қабілетсіздігі. Сондықтан құлау – бұл бірден-бір түсетін жалғыз оқиға. Сонымен қатар, денесін ұстай алмау жағдайы, құлаған сәтте және солай адам қызметінің нәтижесінде пайда болатын жеделдету ретінде пайдалану құлауды анықтау үшін маңызды сигнал.

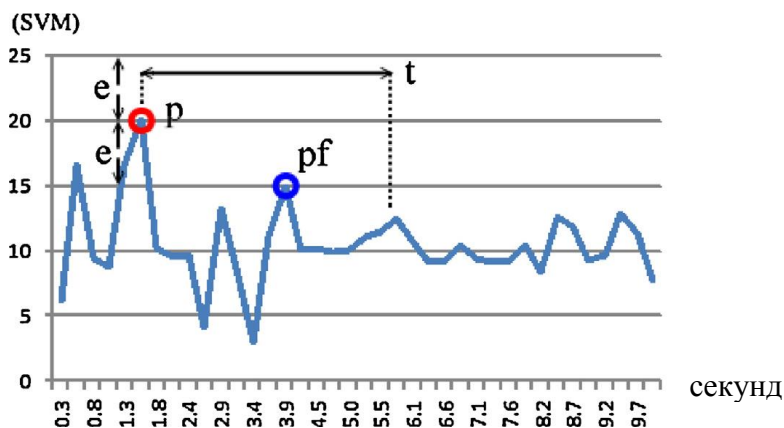
Адамдардың құлауына байланысты бірқатар зерттеулер [1], [2], [3] жылдамдық пен қиғаш бұрыштарды пайдалануды ұсынды. Қате сәйкестендіру оңай, адам денесіндегі зорлық-зомбылық қозғалысы болған жағдайда, мысалы, жаттығу кезінде. Сондықтан фактор немесе сәйкестендіру бөлігі ретінде адамның құлауына негіз болып табылатын жиілік ескерілді. А үш осьтік магнитудасы G-сенсор сигнал векторына түрлендірілді. Z-осінің деректері жиналып, пайда болған кіріс параметрлері ретінде есептелген жиіліктер. Жоғары деңгейлі айқын емес Петри желісін (HLFPN) талдау үшін қабылданды, жаяу жүруді, жаттығуды сәйкестендіру және құлау. Осылай болғанда дабыл көтерілуі мүмкін. Біреу құлап, медициналық көмек көрсетілуі мүмкін жарақаттанудың алдын алу үшін және дереу төмендеуі салдарынан өлімді азайту.

Жалпы, смартфондар G-сенсоры немесе гироскоп сияқты датчиктермен жабдықталған. Бұл зерттеуде G-сенсоры құлауды анықтау үшін таңдалады. X, Y және Z осьтеріндегі сенсор арқылы жиналған деректер жинақтары Liu және т.б. ұсынған сигнал векторының шамасы (SVM) болып табылатын бірқатар әдістерде есептеуде қолданылады [4] теңдеуде көрсетілгендей. (1), онда X, Y және Z - G-сенсорымен өлшенген тиісті осьтердің үдеуі. SVM барлық тербелістерді біріктіреді, осылайша адам қозғалыстарының айырмашылығын анықтайды [5,6].

Ықтимал құлдырау SVM алдын ала анықталған мәннен гөрі анықталған кезде орын алады. Дегенмен, адамның аяқтары вирусқа жүгіру, секіру немесе зорлық-зомбылықпен айналысу кезінде, BVM-ді күзетуге қарағанда көбірек алады. Қате сәйкестендіру мүмкіндігі, ол тек анықтау үшін пайдаланылады.

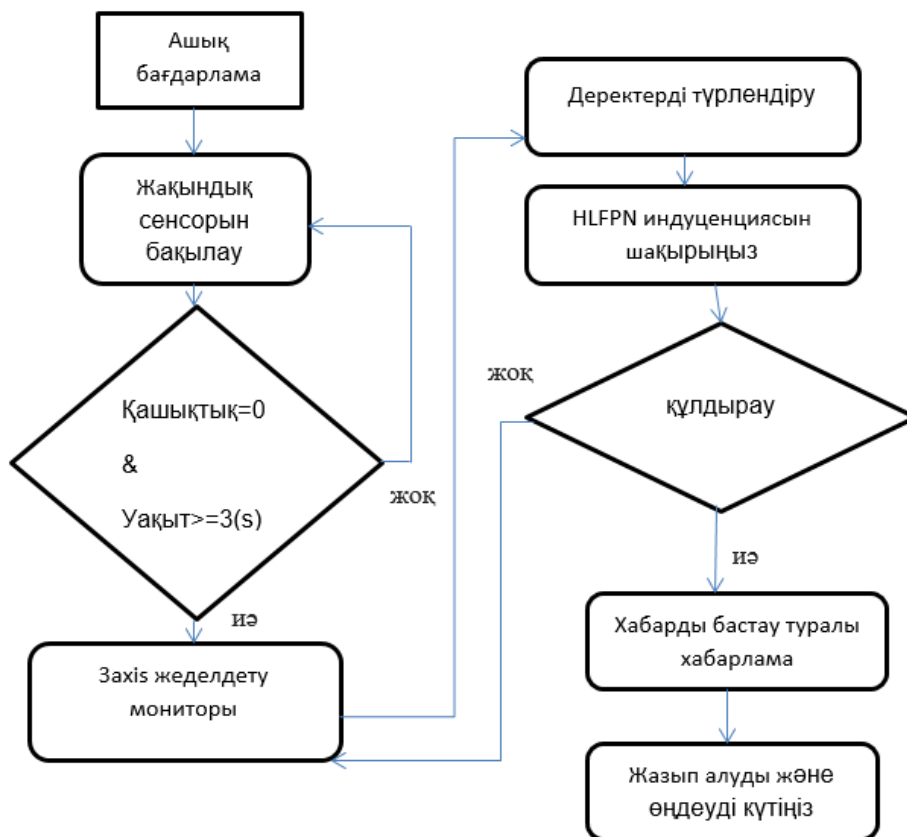
Петри желі теориясы 1962 жылы Карл Адам Петри тарапынан ұсынылған. Петір торлары - бір уақытта, асинхронды, бөлінген, параллель, нетрентті-стационарлық және стохастикалық болып табылатын графикалық және математикалық модельдеу құралы; және оны модельдеу және талдау жүйелерінде қолдануға болады [7]. Алайда, ақпараттық жүйенің жылдам жетілуімен қатар Петри торының сипаттамалары барынша күрделі. Сондықтан, ғалымдар бір-бірінен кейінгі Петри желісі түсті [8], Петри желісі [7], анық Петри желісі [9], жоғары деңгейлі «ақылсыз петри торы» (HLFPN) [10-11] сияқты Петри сандық теориясы бойынша кеңестер өткізеді, және тағы басқа. Бұл мақалада HLFPN қабылданды, ол шешім қабылдау үшін құлауды анықтайды. Ол Петри желісінің таңбаларын және айқын емес теорияларды қамтамасыз етеді, олар белгілі бір өндіріс ережелерін таңбалау үшін қолдануға болады және анық емес ақыл-ойларды жүргізеді.

Төмен құлау – бір сәтте болған жалғыз оқиға, оны қайталану сипатына ие жалпы жаттығудан бөледі. Осылайша, жиілік коэффициенті осы екі жағдайда туындаған күшті дірілдің айырмашылығын бөлуге арналған. Бұл зерттеу үшін жиілік параметрі анықталды: жиілік параметрі – нүкте нүктесінің жиілігінің жиынтығы және нүкте бойынша барлық жиіліктердің жоғарғы және төменгі амплитудасы арасындағы нүктедегі нүктелердің кез келген нүктесіндегі ең жоғары нүктелердің шыңына жеткен кездегі жиілігі с. Жиілік параметрі 1-ші суретте көрсетілген.



1-сурет. Жиілік параметрінің анықтамалары

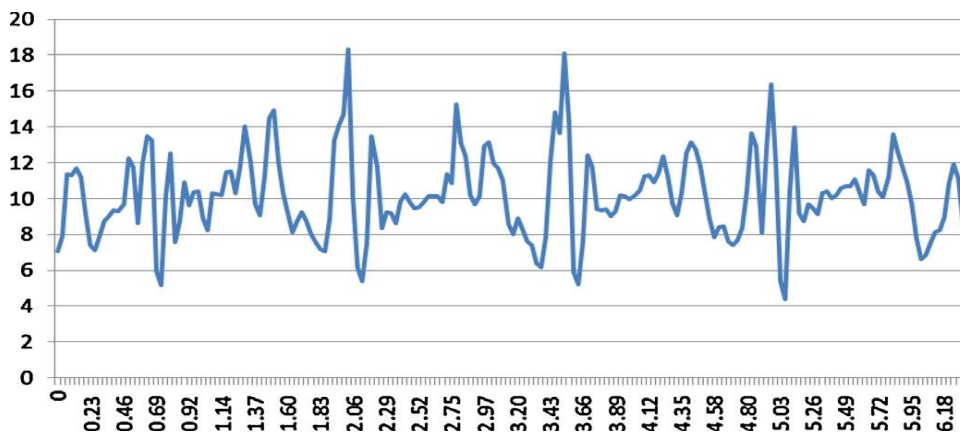
Қарқынды спорттық кезеңнен кейін бір рет қарқынды сілкіністің салдарынан дұрыс шешім қабылдамау үшін, егер статус жиілік параметрлерінен кейін спорт ретінде анықталса, уақыт параметрі соңғы жиілік параметрлерінен мәндерді жинақтаумен қатар жиіліктің параметрлерін үздіксіз есептеу үшін қосылады. Қарттар мен қарт адамдар үшін ерекше қауіпті жағдайлардың бірі - жалғыз тұратын. Демек, күздің анықталуы ақылға қонымды шешімдерді талап ететін бір маңызды мәселе болып табылады. Ауыстырылатын құрылғыларға тап болатын көптеген әдістер шекті мәндер мен бейімділік бұрышы бар бірыңғай оқиғалармен анықталады. Осындай әдіс-тәсілдер жоғары шекті мәндермен байланысты дұрыс емес шешім сияқты көптеген шектеулер пайдаланушының қару-жарақтарға қатысуына байланысты болды. Адамдар арасында биіктік, салмақ және жыныс айырмашылығының арқасында дене қозғалысы сәйкесінше өзгереді және солай болады. Кейде электронды құрылғылардың тозу бұрышы және постуральдық айырмашылықтар сияқты шуылдар құндылықтардың кейбір өзгерулеріне әкелуі мүмкін. Демек, күздің анықталуын анықтайтын жалғыз шекті мәнді қолдану өте субъективті болып табылады. Адамдар арасындағы қозғалыстардың кейбір айырмашылығына байланысты, бұл айқын емес әдісті қолдануға үйретеді. Алдымен, пайдаланушының 3-осьтік үдеткіштің сенсорынан электронды құрылғылар арқылы құндылықты жазып алдық, одан кейін SVM-ге мәнді түрлендіріп, жиіліктердің жиілігін өлшейді, содан кейін эксперимент арқылы қалыптастырып, айқын емес дәреже. Содан кейін, HLFPN нәтижеге қол жеткізу үшін қолданылады. Көптеген зерттеулерде кеудеге, артқа, қолға, аяқ киімге және талға сияқты арнайы аймақта талап етілетін арнайы киім-кешектер қолданылады. Ұзақ мерзімді перспективада осындай бапталған құрылғы пайдаланушыларға қолайсыздықтар тудыруы мүмкін. Демек, зерттеу күзгі табу үшін мобильді тасымалдаушы ретінде салыстырмалы түрде қолжетімді смартфондарды қабылдайды, бұл пайдаланушыларға кез келген санақ қалтасында сақталады, осылайша жарнаманың тиімділігін жеңілдетеді.



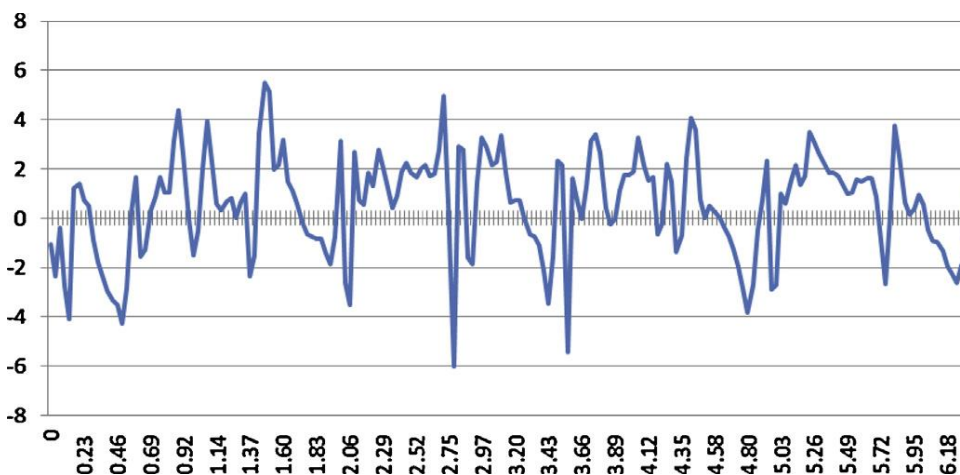
2-сурет. Анықтау үрдісі

Кемуді анықтау жүйесінде HLFPN мүмкіндігінің дәлелділігін дәлелдеу үшін, осы жүйе осы жүйеде тексеру жүргізеді. Зерттеу бірінші рет зерттеудің ауқымын және шектелуін түсіндіреді, содан кейін әртүрлі қозғалыстардың эксперименталды деректерін ұсынды. Ақыр соңында, жүйе күнделікті кішігірім қозғалыстарға әсер етеді, сонымен қатар нәтиже көрсетіледі.

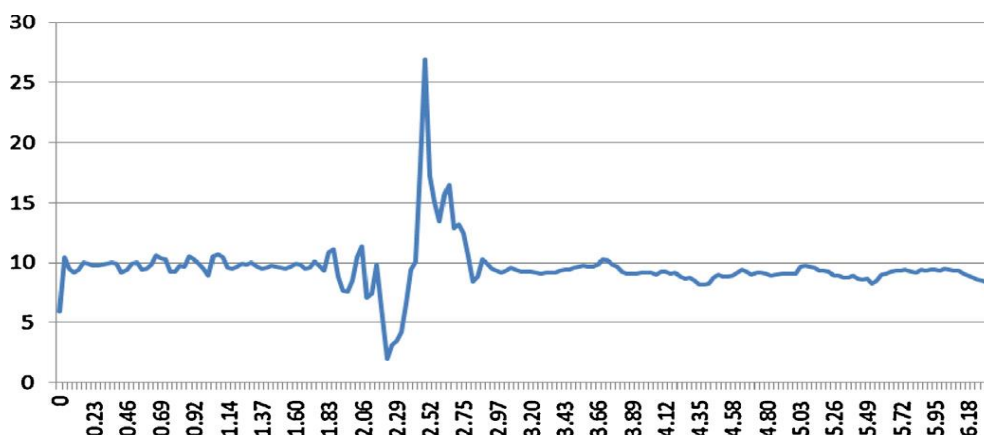
Сурет. 3 және 4-те SVM және Z осі мәндеріндегі өзгерістер көрсетіледі.  $E = 4$  және  $t = 5$  арқасында келесі бес шыңы мәндері анықталады: SVK мәндері 18,32, 15,29, 14,82, 18,13 және 16,38, 2,06 сек., 2,78 сек., 3,46 сек., 3,53 сек. және 4,97 сек. Атап айтқанда, олардың ең төменгі SVM мәні (18.32) кіріс ретінде пайдаланылады. 5-ке дейінгі максималды мән Z осі бойынша үдеткіштің мәні үшін қабылданады және осылайша, 2.78 секундта -6 жасалуы деректер ретінде енгізіледі және деректерді түрлендіру кезінде 6-ға түрленеді. Содан кейін біз SVM = 18.32, Z = 6 және F = 5 дегенімізді  $S1 = 0$ ,  $S2 = 0.45$  және  $S3 = 0$  теңдеуіне ауыстырамыз.



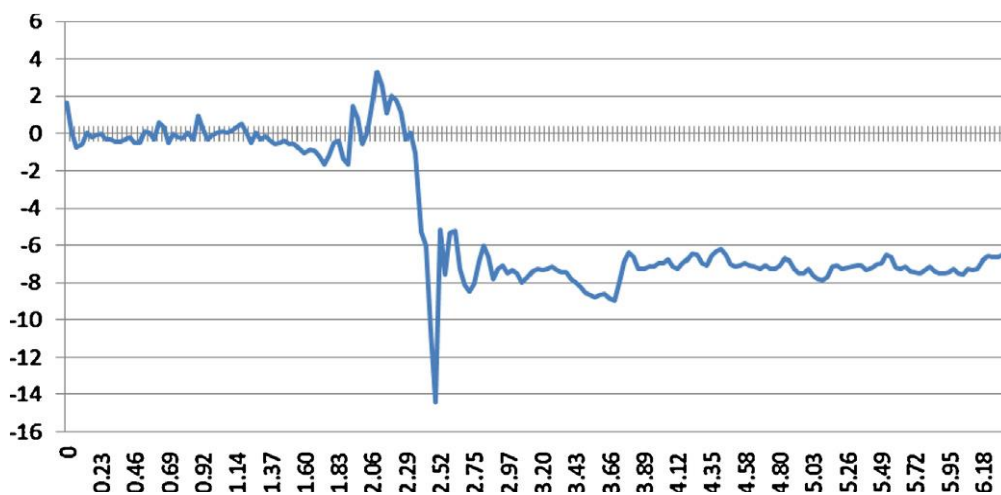
3-сурет. SVM жүгіру



4-сурет. Z жүгіру

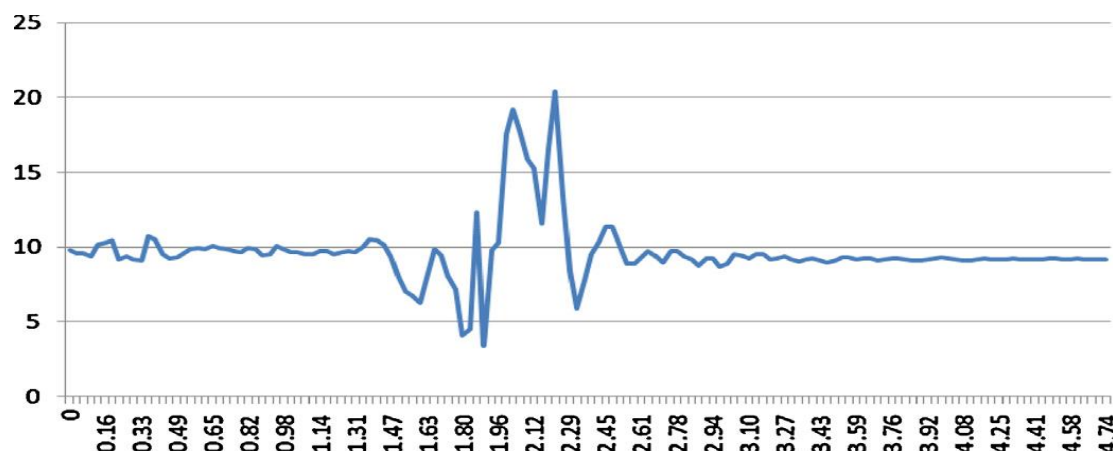


5-сурет. SVM алға құлауы

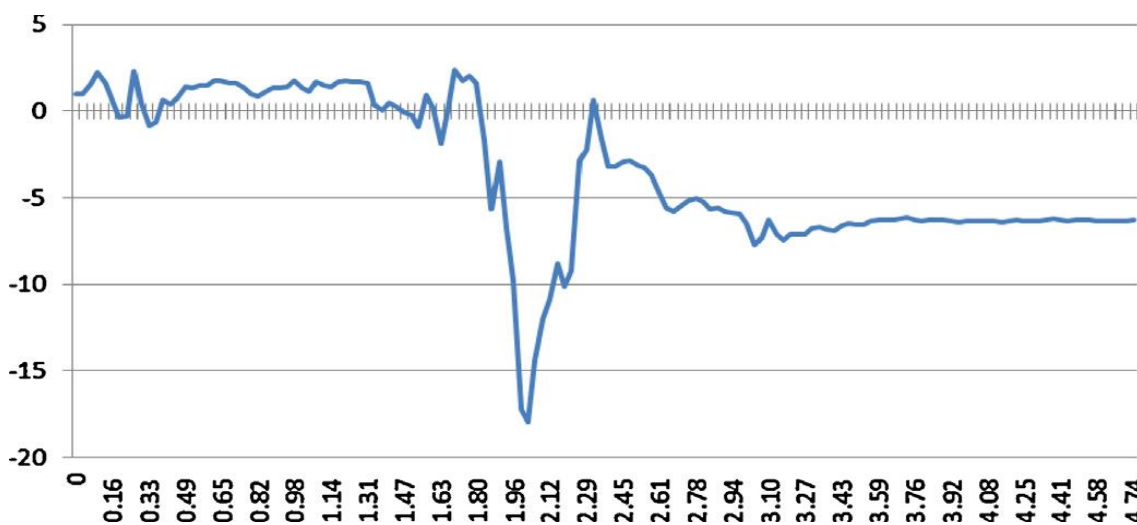


6-сурет. Z алға қарай құлауы

Демек, нәтиже максималды дефицитизм сай келетін «Спорт» деп анықталады. 5 және 6-де SVM және Z осі мәндеріндегі алдын-ала құлау өзгерістерін көрсетеді.  $E = 4$  және  $t = 5$  арқасында, SVM мәні 26,91-те 2,48 секундта енгізіледі. 5 секундтағы максималды мән Z-осі үшін қабылданады.



7-сурет. Тік төмендеудің SVM



8-сурет. Тік құлау Z

Үдеткіштің мәні 2.48 секундта қалыптасқан -14.44 кіріс ретінде енгізіледі және деректерді беру кезінде 14.44-ке аударылады. Сонда біз  $SVM = 26.91$ ,  $Z = 14.44$  және  $F = 1$  орнына біз  $S1 = 0$ ,  $S2 = 0$  және  $S3 = 0.6$  нәтижесін шығарамыз. Содан кейін нәтиже максималды дефицит бойынша «құлау» деп анықталады.

Сурет 7 және 8-де SVM және Z-осінің мәндеріне өзгерістердің алдын-ала көрсетілуі көрсетілген.  $E = 4$  және  $t = 5$  арқасында келесі екі шыңы қабылданды: SVM мәні 19.23 және 20.41, 2.03 құмда 2.2 с кезінде пайда болды. Атап айтқанда, максималды SVM шамасы (20.41) пайдаланылады. 5 секундтағы максималды мән Z-осінің жылдамдығын есептеу үшін қабылданады және осылайша 2.03 секундта жасалынған -17.97 кіріс енгізіледі және деректерді түрлендіру кезінде 17.97 түрлендіріледі. Бұдан кейін теңдеулерге  $SVM = 20.41$ ,  $Z = 17.97$  және  $F = 2$  сценарийлері енгізілгеннен кейін  $S1 = 0$ ,  $S2 = 0.2$  және  $S3 = 0.43$  шығып кетеді. Осылайша, барынша максимум дефицитациясына сәйкес «құлау» деп анықталады.

Көптеген сенсорлармен жабдықталған смартфондарды кеңінен қолдануға негізделген достық адам құлауын анықтау алгоритмі және серіктес бағдарлама жасалды. Қымбат оқу құралдарын сатып алудың қажеті жоқ, телефонды белде немесе қорапта қамтамасыз етуге болмайды. Қалта жеткілікті. Жүргізу және жаттығу көптеген параметрлерді және HLFPN-нің дамуын болдырмау мақсатында, қате анықтаманы азайту үшін шешілді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Блишун А.Ф., Знатнов С.Ю. Обоснование операций теории нечетких множеств. В кн.: Нетрадиционные модели и системы с нечеткими знаниями. - М.: Энергоатомиздат, 1991, с. 21-33.
- [2] Хижняков Ю.Н. Алгоритмы нечеткого, нейронного и нейро-нечеткого правления в системах реального времени: учеб. пособие / - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2013. - 160 с.
- [3] Осташев В.В. Применение нечеткой логики при анализе и синтезе сложных систем // Вестник Псковского гос.унив. - 2007. - № 2. - С. 74-79.
- [4] Мелихова О. А., Мелихова З. А. Использование нечеткой математики при моделировании систем искусственного интеллекта // Тематический выпуск «Интел- лектуальные САПР»: в 2 т. - Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2007. - С.113-119.
- [5] Леоненко, А.В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А.В. Леоненко. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 736 с.
- [6] Ухоботов, В.И. Введение в теорию нечетких множеств и ее приложения: учеб. пособие / В.И. Ухоботов. - Челябинск, 2005. - 136 с.
- [7] Леденева, Т.М. Особенности проектирования систем нечеткого логического вывода / Т.М. Леденева, Д.С. Татаркин // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. - 2006. - № 2. - С. 110-118.
- [8] Круглов В.В., Длин М.И. Интеллектуальные информационные системы: компьютерная поддержка систем нечеткой логики и нечеткого вывода. - М.: Физматлит, 2002.
- [9] Углев В. А. Модели и методы построения систем обучающего компьютерного тестирования на основе экспертных систем с элементами нечёткой логики: автореф. дис. ... к-та тех. наук. - Красноярск, 2010. - 19 с.
- [10] Леденева, Т.М. О проблеме обеспечения некоторых требований к базе знаний в нечетких системах / Т.М. Леденева, С.А. Моисеев // Вестник Воронежского государственного университета. Сер. Системный анализ и информационные технологии. -2012. - № 1. - С. 149-156.
- [11] Макаров И.М., Лохин В.М., Романов М.П., Аналитическое конструирование нечётких регуляторов сложных динамических объектов, IX научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника», СПбГТУ, 1998.

Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров К.А.

#### **Использование нечеткой логики для мобильного устройства**

**Резюме.** Внезапное падение пожилых людей в современном мире стало одним из важнейших глобальных вопросов. Смартфон, который более широко используется всеми людьми, чем определенные устройства, был выбран в качестве мобильного устройства, которое обнаруживает условия падения человека. Целью данной работы является разработка алгоритма обнаружения и падения человека. Пользователь должен положить смартфон в карман. Сигналы, обнаруженные во время состояния перелома, были преобразованы в векторные магниты, сигнализируя о трехосевом G-датчике. Затем были получены данные по оси Z. Эти данные использовались в качестве параметров адаптивности человеческого тела и частотного диапазона зоны действия. Для анализа линия Петри использовалась для высокой степени неопределенности. Результат исследования может быть использован для случая.

**Ключевые слова:** обнаружение падения, высокоуровневая нечеткая сеть Петри, Смартфон, G-сенсор, дом забота.

Boranbay M.N., Saparhodzhaev N.P., Aydarov K.A.

**The use of fuzzy logic for a mobile device**

**Summary.** The sudden fall of older people has become one of the most important issues in global health. The smartphone, which is more widely used by all people than specific devices, has been selected as a mobile device for falling human fall. The purpose of this paper is to develop an algorithm for detecting and dropping the fall. The user must insert the smartphone in the hip pocket. Signals detected during fracture condition have been converted to vector magnets by signaling the three-axis G-sensor adopted. Then the Z-axis data was obtained. These data have been used as parameters for the human body's adaptability and the frequency range of the action zone. For the analysis, the Petri network was unclear at the top level. The result of the study can be used for the case.

**Key words:** Fall Detection; High-Level Fuzzy Petri Net; Smartphone; G-Sensor; Home-Care.

УДК 621.311

**Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина**  
(Рудненский индустриальный институт, Рудный, Костанайская область,  
Республика Казахстан, aset85@mail.ru)”

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ  
АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ И  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ**

**Аннотация:** Дан анализ работ в области моделирования систем электроснабжения. Разработан алгоритм функционирования системы автоматизированного управления электроснабжением на промышленных предприятиях.

**Ключевые слова:** система управления, алгоритм функционирования, программирование, моделирование, анализ электропотребления, расход электрической энергии, уровень, математическая модель.

Для разработки математической модели системы управления объектами используем метод граф-схем алгоритмов. Составляем упрощённый алгоритм функционирования системы управления электропотреблением объекта. На основе этого алгоритма строим граф-схему алгоритма, которому соответствует граф автомата. Далее по графу автомата составляем структурную таблицу переходов автомата Мили системы управления электропотреблением.

Анализ программных средств математического моделирования позволил выбрать пакеты расширения визуально-имитационного моделирования Simulink и событийного программирования Stateflow математической системы Matlab.

Достоинствами выбранной математической системы Matlab [1,2] являются: открытая архитектура, открывающая доступ пользователю к ее кодам на гибком и мощном языке программирования; адаптация языка программирования для научно-технических расчетов; возможность построения и моделирования разнообразных устройств электроэнергетических систем.

В данной работе использована версия системы Matlab с пакетом расширения Simulink. Эта версия поддерживает сторонние объектно-ориентированные языки программирования (C++, Java и др.). При этом возможно работать с файлами определения классов, в которых описываются свойства, методы, события. А для отслеживания изменения свойств и действий объекта предлагается механизм прослушивания и обработки событий. В выпуске R2008a появились расширения к механизму генерации кода Embeddet Matlab, и новые средства для реализации параллельных вычислений, а также функции автоматической генерации кода в формате AUTOSAR.

Имеется пакет событийного моделирования Stateflow, который предложен Д. Харелом [3] для моделирования дискретной динамики реактивных систем. Визуальный формализм – Statechart предполагает использование графических компонентов - диаграмм состояний и переходов. Неграфическими компонентами таких диаграмм являются события и действия.

Пакет событийного моделирования Stateflow 5 используется для численного моделирования систем, отличающихся сложным поведением и, основан на теории конечных автоматов, позволяющая использовать диаграммы потоков и диаграммы состояний и переходов в одной диаграмме Stateflow.



Компонентами Stateflow являются: графический редактор; проводник; генератор объектного кода; отладчик; динамическое проверочное устройство.

Диаграммы Stateflow – это графическое представление конечного автомата, где состояния и переходы формируют базовые конструктивные блоки системы. Используемая Stateflow система обозначений состоит из набора графических объектов, набора неграфических (текстовых) объектов и определенных отношений между этими объектами. Семантика описывает последовательность действий в ходе выполнения диаграммы Stateflow.

Основная задача главы состоит в том, что разработанную классификацию моделей системы управления объектами, изображенную на рисунке 1 предлагается исследовать с помощью новой версии Matlab R2008a с пакетом расширения Simulink [4]. В дальнейшем необходимо произвести анализ оценки работоспособности классификации управления объектами электроснабжения промышленных комплексов, описанной математической моделью.

В процессе математического моделирования электроэнергетической системы классификации моделей управления объектами электроснабжения ПП, необходимо построить временные диаграммы работы ее функциональных блоков и решить следующие задачи:

- собрать из блоков библиотек пакетов Simulink и Stateflow логические схемы и графы управляющего микропрограммного автомата Мили;
- проверить правильность логической структуры разрабатываемой информационной модели на основе микропрограммного автомата Мили;
- выявить явление состязаний и риска сбоя в разрабатываемой логической схеме устройства.

При разработке алгоритма применен принцип программного управления, использующий операционно-адресную организацию управления алгоритмическим процессом. Информация, с которой оперирует центральный процессор, разделяется на две части: на цифровую и на информацию об алгоритме, который должен быть реализован центральным процессором.

В настоящее время при проектировании математической модели любого цифрового устройства наибольшее применение получили методы теории автоматов [5]. Математической моделью любого цифрового устройства является абстрактный автомат, который задается множеством из шести элементов.

$$S = \{A, Z, W, \delta, \lambda, a_1\}, \quad (1)$$

где  $A = \{a_1, \dots, a_m, \dots, a_M\}$  – множество состояний (алфавит состояний);

$Z = \{z_1, \dots, z_f, \dots, z_F\}$  – множество входных сигналов (входной алфавит);

$W = \{w_1, \dots, w_g, \dots, w_G\}$  – множество выходных сигналов (выходной алфавит);

$\delta$  – функция переходов, реализующая отображение множества

$$D_\delta \subseteq A \times Z \text{ в } A [a_s = \delta(a_m, z_f), a_s \in A];$$

$\lambda$  – функция выходов, реализующая отображение множества

$$D_\lambda \subseteq A \times Z \text{ на } W [w_g = \lambda(a_m, z_f)]; \quad (2)$$

$a_1 \in A$  – начальное состояние автомата.

В синхронных автоматах рассматривают два типа автоматов: автомат Мили [5,6] и автомат Мура. Между автоматами Мили и Мура существует соответствие, позволяющее преобразовать закон функционирования одного из них в другой или обратно. Наиболее распространенным цифровым автоматом является автомат Мили, закон функционирования которого задается уравнениями.

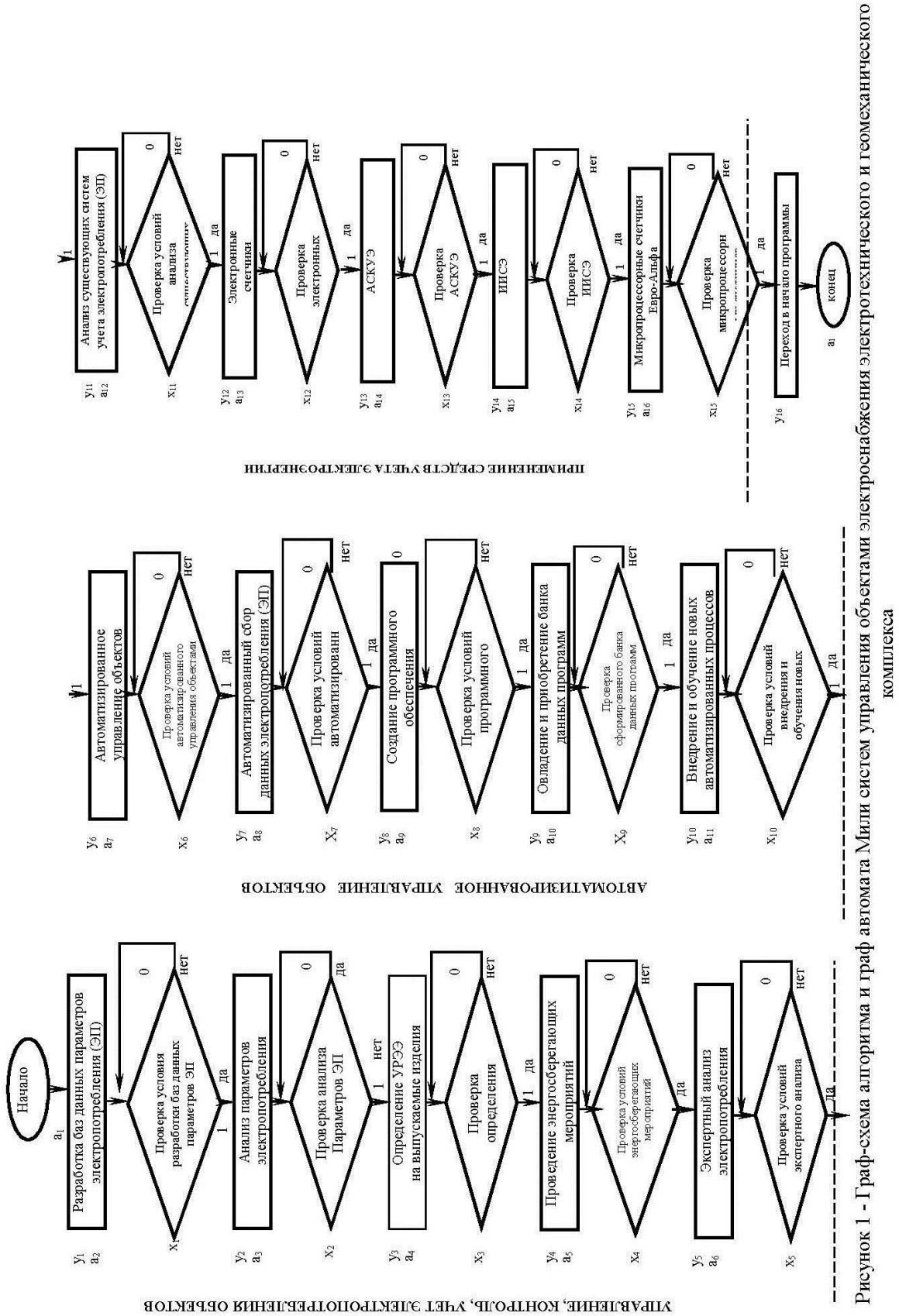


Рисунок 1 - Г-граф-схема алгоритма и граф автомата Мили систем управления объектами электроснабжения электротехнического и геомеханического комплекса

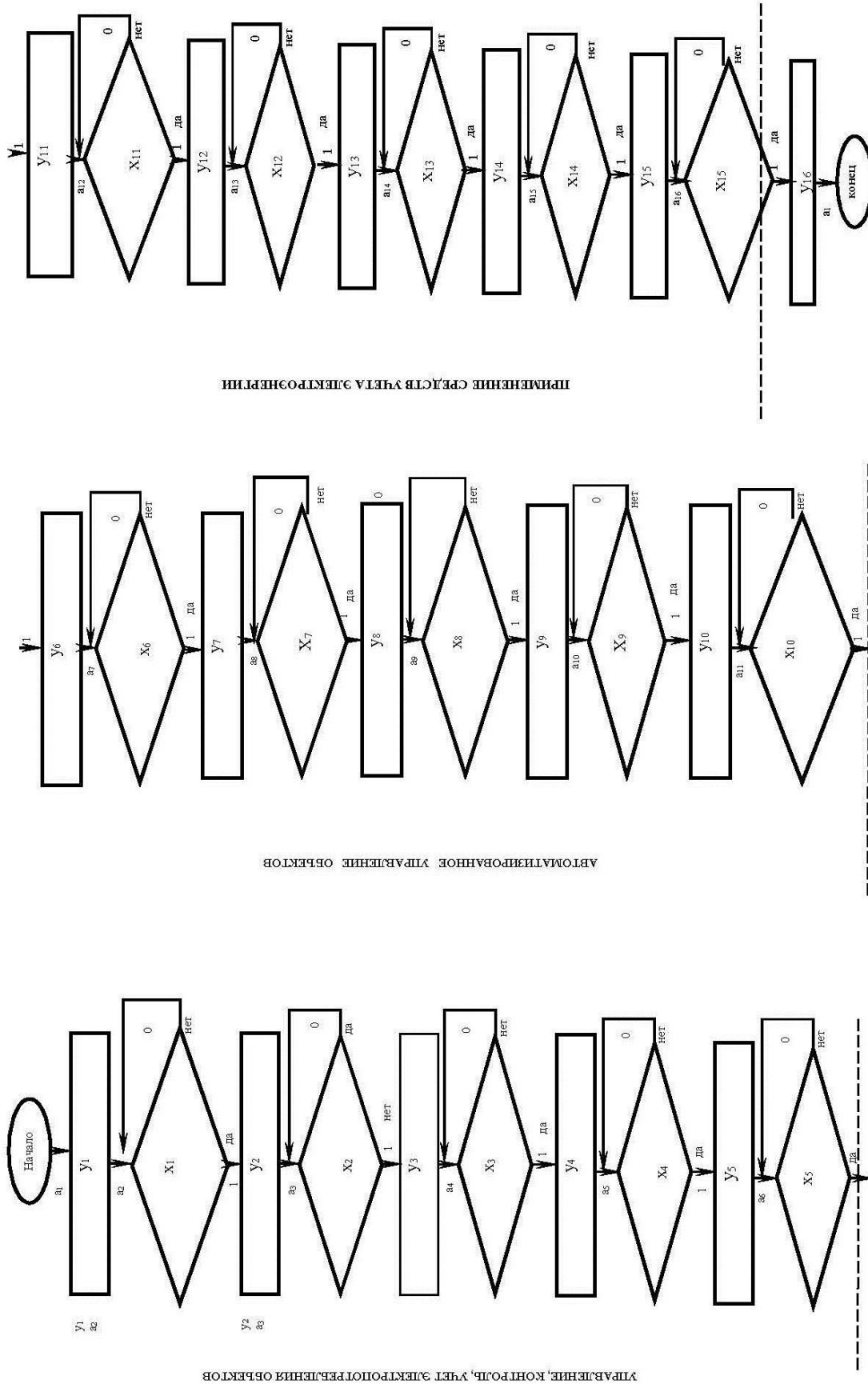


Рисунок 2 – Условное обозначение граф-схемы алгоритма и граф автомата Мили объектов электротехнических и геометрических комплексов

$$\begin{aligned}
 a(t+1) &= \delta [a(t);z(t)]; \\
 W(t) &= \lambda[a(t);z(t)]; \\
 t &= 0,1,2,\dots,n.
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

Синтез цифрового конечного автомата Мили сводится к следующим действиям:

- построение графа конечного автомата по граф-схеме алгоритма;
- составление структурной таблицы переходов для заданного графа;
- составление логической схемы автомата.

**Вывод:** Для разработанной схемы классификации модели электроснабжения объектов составлена система управления электроснабжением. Граф-схема алгоритма и граф автомата Мили системы управления представлены на рисунках (1 – 2).

Программа обработки данных записывается в постоянное запоминающее устройство, выполняющее функцию памяти программ.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дьяконов, В.П. MATLAB 6/6. 1/6/6,5 + SIMULINK 4/5. Основы применения [Текст] / В.П. Дьяконов - М.: СОЛОН-Пресс, 2005г. -800с.
- [2] Герман – Галкин, С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0 [Текст]: учеб. пособие. / С.Г. Герман – Галкин. - СПб: КОРОНА принт, 2001. - 320 с.
- [3] Сайт Евро Альфа. <http://www.elster.ru>
- [4] Огиевский, В.В. Средства адаптации программного комплекса при моделировании энергетики [Текст] / В.В. Огиевский, 1986.
- [5] Утегулов Б.Б. Разработка управляющего микропрограммного автомата Мили устройства автоматического определения параметров изоляции в электрической сети напряжением (6-10) кВ [Текст] / Утегулов Б.Б., Утегулов А.Б., Жумадилова А.К. и др. // Вестник ПГУ. Научный журнал. Павлодарского государственного университета имени С. Торайгырова №1. Павлодар, 2004г. – с. 242-247.

Әсет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина

**Геомеханикалық және электротехникалық кешендерді автоматты басқару жүйесін функциялауының алгоритмін даярлау**

**Түйіндеме.** Даярланған топтастырылу үшін өнеркәсіптік кәсіпорындарды электрмен жабдықтау нысанын басқару жүйесіне Мили авотомат графы мен алгоритм сызба графигі құрылды.

**Кілтті сөздер:** басқару жүйесі, топтастыру алгоритмі, бағдарламалау, үлгілеу, электр тұтыну сараптама-сы, электр энергиясының шығыны, деңгейі, математикалық үлгілеу.

Asset B. Khabdullin, Z.K. Khabdullina, Arman B. Khabdullin, G. A. Khabdullina

**Development of an algorithm of functioning of system automated management of an electrotechnical and geomechanical complex**

**Summary:** for the developed classification of control systems of objects of power supply of the industrial enterprises the flowgraph of an algorithm and columns of the automatic machine of Mile is made

**Key words:** control system, functioning algorithm, programming, modeling, analysis of a power consumption, expense of electric energy, level, mathematical model

**Б.Т. Ратов, Б.В.Федоров, Д.Р. Коргасбеков, З.Г. Утепов,**  
(КазННТУ им. К.И. Сатпаева  
Алматы, Республика Казахстан, ratov69@mail.ru)

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ**

**Аннотация.** Приведены испытания запатентованного устройства гидро-вибрационного освоения глубоководных продуктивных пластов геотехнологических скважин. Устройство содержит рабочий орган, представляющий подпружинную трубу с дисками и генератор ударных импульсов (гидроударник), служащий приводом рабочего органа.

**Ключевые слова:** гидровибрация, глина, гидроударник, горизонт, пласт, эффект, скважина, импульс, орган.

Разработка рациональной технологии освоения продуктивных пластов в комплексе процессов, связанных с сооружением нефтяных, гидрогеологических и геотехнологических скважин. В этой связи создание технико-технологических средств для эффективного решения указанных проблем является весьма актуальной задачей.

Сотрудниками кафедры технологии и техники скважин КазННТУ разработано устройство для гидровибрационного освоения продуктивных пластов.[1]

Устройство включает рабочий орган, представляющий подпружинную трубу с дисками и серийный гидроударник, являющийся приводом рабочего органа. Созданный экспериментальный образец устройства адаптирован к применению в геотехнологических скважинах, сооружаемых АО «Волковгеология».

Рабочий орган, взаимодействующий с наковальной гидроударника Г59В, изготовлен в соответствии с поперечными размерами обсадных колонн применяемых указанный организацией для конструктивного оформления фильтровой части геотехнологических скважин.

АО «Волковгеология» в настоящее время в больших объемах проводит буровые работы на объектах НАК «Казатомпром», расположенных в Южно-Казахстанской и Кызылординской областях и испытывает острую необходимость в высокоэффективной декольматации продуктивных водоносных пластов и при их эксплуатации.

Участки работ сложены рыхлыми отложениями верхнего мела, палеогена, неогена и антропогена.

Палеозойский фундамент, залегающий на глубинах 400-700м, погружается с севера на юг и представлен красноцветными песчаниками и алевролитами перми.

Отложения верхнего мела представлены разномерными песками с гравием и галькой, переходящими кверху в красноцветные карбонатные глины с прослоями известковых песчаников и алевролитов. Мощность отложений мела до 80м.

Палеогеновые отложения состоят из пяти горизонтов и одной свиты, из которых три являются рудовмещающим (канжуганский, уюкский, инканский горизонты).

Снизу вверх разрез начинается отложениями «пестрого» горизонта, сложенного преимущественно пестроцветными известковыми глинами, алевролитами с прослоями и линзами мелко и тонкозернистых песков, занимающих до 25-30% от общей мощности горизонта. Общая мощность от 20 до 50м.

Канжуганский горизонт представлен прибрежно – подводнодельтовыми фациями. Песчаные отложения среди глин и алевролитов имеют изменчивую мощность, превращаясь местами в русла и струи, и в целом представляют собой продуктивный горизонт. Пески средне- и мелкозернистые, рыхлые с глинистым цементом, не превышающим 10-15%. Мощность горизонта от 30 до 60м.

Кызылчинский горизонт делится на две пачки: нижнюю – существенно песчаную (продуктивная часть) и верхнюю – глинисто-алевролитовую (верхний водоупор). Глубина залегания кровли песков 395-524м. Пески средне- и мелкозернистые, преимущественно кварцевые. Мощность горизонта 20-30м, песков – 10-20м.

Инкайский горизонт на участке выклинивается в северном направлении, сокращаясь в мощности от 15-20 до 0 м, представлен разномерными песками с углистым детритом.

Позднеэоценовые отложения представлены морскими монтмориллонитовыми глинами зеленого цвета мощностью 40-60м.

Неогеновые отложения представлены толщей красноцветных известковистых глин мощностью 30-100м.

Четвертичные отложения сложены из аллювиально-оловых песков, мощностью 30-100м.

Все песчаные горизонты являются водоносными с напорами до самоизлива. Воды пресные.

При разработке месторождений полезных ископаемых способом подземного выщелачивания (ПВ) буровые скважины выполняют основную роль в техническом оснащении процесса.

В качестве объекта испытаний была выбрана откачная скважина, сооруженная на месторождении Песчаное. Буровые работы на указанном месторождении проводит геологоразведочная экспедиция № 7 АО «Волковгеология». Выбор скважин для проведения экспериментальных работ обосновывался следующими соображениями:

– глубокое залегание продуктивного водоносного пласта, расположенного в интервале 460-472м от поверхности; при таком глубоком залегании вибрационная декольматация пласта с помощью вибратора, расположенного на поверхности, исключается; так как в откачной скважине вокруг фильтра размещена гравийная обсыпка, интересно было получить информацию об эффективности гидровибрационной декольматации фильтровой части скважины в этих осложненных условиях;

– срок эксплуатации откачной скважины составил 1 месяц, а дебит, первоначально равный 25м<sup>3</sup>/час, начал постепенно снижаться.

Технический разрез скважины представлен на рисунке 1 Как следует из рисунка 1 вмещающие породы представлены мягкими и частично средней буримости породами (песок, глины, глинистые песчаники, алевролиты, мергели, ангидриты, гипсы), а продуктивный пласт – разнородными песками с линзами песчаников и алевролитов. Конструкция скважины (рисунок 1) следующая: диаметры бурения – 240мм (интервал бурения 0-110м), 190мм (интервал бурения 110-490м), 320мм (расширение скважины в интервале 460-472м), эксплуатационная колонна длиной 110 м, состоящая из полиэтиленовых труб ПВХ-140/10 наружным 140мм, через переходник сопрягается с фильтровой колонной длиной 376м, состоящей из полиэтиленовых труб ПВХ-90/8 наружным диаметром 90мм (внутренний диаметр – 74мм).

Вскрытие продуктивного пласта осуществлялось с промывкой малоглинистым раствором, имеющим следующие параметры: плотность – 1,12 г/см<sup>3</sup>, вязкость – 22 сек., водоотдача – 10-12 см<sup>3</sup>/30мин. В интервале 460-472м на фильтровую колонну (с перфорацией последней в этом интервале) надеты полиэтиленовые кольца. В результате образуется дисковой щелевой фильтр КДФ 118. Гравийная обсыпка вокруг фильтра, образуется доставкой гравия в зону расширения скважины в интервале 460-472м, с поверхности в кольцевой зазор между стенками скважины и обсадными трубами. Расчетный объем гравия должен заполнить интервал от забоя скважины (486м) до отметки 445м, то есть верхний торец обсыпки располагается выше фильтра на 15м. В интервале 425-445мм формируется цементное кольцо путем закачки соответствующего объема цементного раствора. Остальной кольцевой зазор между обсадными трубами и стенками скважины заполняется гельцементным раствором.

Применяемая ранее технология освоения скважины заключалась в проведении следующих технологических операций:

– промывка отстойника и фильтра чистой водой в течение 12-16 часов;

– прокачка эрлифтом в течение 12-16 часов до получения максимального дебита (не менее 25м<sup>3</sup>/час);

– прокачка при максимальном дебите в течение 8 часов.

К моменту проведения испытаний устройства для гидровибрационной разглинизации необходимо было восстановить первоначальный дебит скважины (25м<sup>3</sup>/час), который начал постепенно снижаться в результате частичной закупорки фильтрационных каналов в гравийной обсыпке и фильтре мелкой фракцией, выносимой из продуктивного песчаного пласта. Методика проведения восстановления производительности скважины заключалась в гидровибрационной обработке фильтра в сочетании с одновременной откачкой эрлифтом.



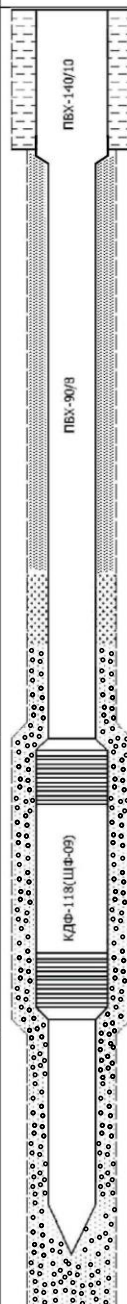
Глубина, м	Геологическая часть			Техническая часть		Конструкция скважины, откачная
	Краткая характеристика пород	Мощность слоя, м	Категория по буримости	Проектное положение фильтра		
				от	до	
20	Супеси, пески т/м зернистые	35	III			
40						
60						
80						
100						
120	Глинистые песчаники, алевролиты плотные с гравием	105	IV-V			
140						
160						
180						
200	Глины, алевролиты, алевролиты плотные	120	IV			
220						
240						
260						
280						
300						
310						
320						
330						
340	Мергель	35	V			
350						
360	Глины плотные	35	IV			
370						
380						
390						
400	Известняки, ангидриты, гипсы	15	VI			
410						
420	Глины плотные с гравием	25	IV			
430						
440	Песчаники, алевролиты	20	V-VI			
450						
460	Пески разнозернистые с линзами алевролитов, песчаников, карбонатных песчаников	12	III-IV	460	472	
461						
462						
463						
464						
465						
466						
467						
468						
469						
470						
471						
472						
474	Алевролиты, песчаники		IV-V			
476						
478						
480						
482						
484						
486						
488						
490						

Рис. 1. Технический разрез скважины

Для проведения гидровибрационной обработки фильтровой части скважины над ее устьем была смонтирована передвижная буровая установка ПБУ-ЗИФ1200МР. В состав последней входил буровой станок ЗИФ-1200 МР , буровой насос НБ-32, буровая мачта высотой 18м, буровое здание и транспортная база. Установка была необходима для спуска в скважину экспериментального устройства с гидроударником и привода его в действие.

Для эрлифтной откачки использовался компрессор марки XRVS-346 бельгийского производства.

Испытания проводились в следующей последовательности. На поверхности гидровибрационный рабочий орган с дисками соединялся с гидроударником Г-59В, который в свою очередь соединялся с

напорным шлангом бурового насоса НБ-32. При запуске последнего осуществлялась проверка рабочего органа на холостом ходу; в частности, отмечалось наличие колебаний дисков рабочего органа и выхода отработанной жидкости через наружные отверстия.

Затем насос отключался, его напорный шланг соединялся с корпусом сальника ведущей буровой трубы; гидроударник с рабочим органом опускался в скважину и подвешивался над ее устьем. После соединения с ведущей буровой трубой осуществлялся подъем гидроударника с рабочим органом над устьем скважины и их повторное испытание (рисунок 2). Отмечалось наличие колебаний дисков рабочего органа с амплитудой 5-8мм и выход под значительным напором отработанной технической воды.



**Рис. 2.** Испытания гидровибрационного рабочего органа перед спуском в скважину

Гидроударник с рабочим органом опускался в скважину на буровых трубах диаметром 50мм и останавливался в фильтровой колонне с таким расчетом, чтобы рабочий орган полностью вошел в верхнюю часть фильтра. Затем в эксплуатационную колонну, длина которой составляла 110м, спускался воздухопроводный шланг с перфорированным смесителем на конце. Глубина спуска смесителя – 100м.

Включался буровой насос НБ-32, который приводил в действие гидроударник и соединенный с его наковальной подпружиненный рабочий орган. Последний с дисками приходил в продольное колебательное перемещение. Одновременно включался компрессор XRVS-346 для подачи воздуха по воздухопроводному шлангу к смесителю.

Затем осуществлялась подача всей буровой колонны с гидроударником и рабочим органом вниз в направлении отстойника фильтра. Скорость подачи составляла 20-30см/мин. Указанное перемещение прекращалось, когда нижний торец рабочего органа достигал конца фильтра. Затем движение рабочего органа осуществлялось в противоположном направлении (вверх) и прекращалось, когда нижний диск рабочего органа достигал верхнего торца фильтра. Указанное возвратно-поступательное перемещение многократно повторялось.

В результате перепадов давления в жидкости, возникающих при колебании дисков рабочего органа с частотой 1200-1400 колебаний в минуту и действия отработанных струй воды через щелевой

фильтр на прифилтрованную зону осуществлялся вынос глинистых частиц и мелкой фракции из гравийной обсыпки и стенок скважины внутрь фильтра.

В дальнейшем кольматант удалялся из скважины эрлифтной откачкой, что было зафиксировано по мутной жидкости, выходящей из скважины.

Восстановление производительности скважины осуществлялось в течение 5 часов (до откачки из скважины чистой, без мути, воды).

Замер дебита после освоения скважины, проведенный объемным методом, показал, что последний увеличился до 27 м<sup>3</sup>/час против 25 м<sup>3</sup>/час в начале работ.

### **ВЫВОДЫ**

1. Устройство для освоения продуктивных пластов показало высокую эффективность, отличается простотой обслуживания и рекомендуется к внедрению.

2. Следует изготовить модификацию испытанного рабочего органа, генератором передачи импульсов которого является пневмоударник. Последний, как известно, обладает значительно большей энергии единичных ударов, что благоприятно скажется на дальнейшем повышении эффективности освоения геотехнологических скважин. Но учитывая технические характеристики применяемых компрессоров (рабочее давление 25 атм), пневмоударник можно использовать при глубине залегания водоносного пласта не более 250 м.

### **ЛИТЕРАТУРЫ**

[1] Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Коргасбеков Д.Р., Оразбаева А.А. Использование высокочастотных колебаний при освоении и ремонте геотехнологических скважин. / ГОРНЫЙ информационно-аналитический бюллетень (Горное дело в XXI веке: Технологии, наука, образование – 1) Специальный выпуск 60 – 1. 2015г. С: 212-219. (ISSN 0236-1493). г. Москва

[2] Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Коргасбеков Д.Р., Утепов З.Г. Параметры устройства для вибрационной разглинизации продуктивных пластов / Горный журнал Казахстана № 10 2016г. С: 20-22. (ISSN 2227-4766) г. Алматы

Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Коргасбеков Д.Р., Утепов З.Г.

#### **Өнімді қабаттарды игеруге арналған құрылғының өндірістік сынау нәтижелері**

**Түйіндеме.** Мақалада алдын ала патент алынған, терең жатқан сулы қабаттарды гидротенселме арқылы балшықсыздандыруға арналған құрылғы келтірілген. Ол жұмысшы органдың жетегін атқарушы, соққылау импульсының генераторы (гидросоққыш), дискалы құбырдан және жұмысшы органдан тұрады.

**Түйін сөз:** гидродіріл, саз, гидросоққыш, горизонт, қабат, әсер, ұңғы, тербеліс, ағза.

Ratov B.T., Fedorov B.V., Korgasbekov DR, Uteпов Z.G.

#### **Results of production tests of device for development of productive plasts**

**Summary:** In work are resulted tests of the patented device of hydro vibrating development deploying watering layers geotехнологическix chinks. Devices allowance the working body representing a glass-purging a pipe with disks and the generator of shock pulses (a guideudarnuik), the employee to drives of working body.

**Key words:** hydrovibration, clay, hammer, horizon, layer, effect, well, impulse, organ.

УДК 519.853

**Б.Е. Амиргалиев, К.К. Куатов**

(Международный университет информационных технологий,  
Алматы, Республика Казахстан  
amirgaliyev@gmail.com, kkuatov@yandex.ru)

### **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКСЕЛЕРОМЕТРА И GPS**

**Аннотация.** Предложен метод для определения направления движения автомобиля с использованием сенсоров акселерометр и GPS. Предлагаемый метод не требует начальной калибровки сенсоров внутри автомобиля. Но само устройство должно быть зафиксировано в неподвижном состоянии. Этот подход может быть использовано в телематических или навигационных целях.

**Ключевые слова:** системы инерциальной навигации, направление движения автомобиля, акселерометр, GPS.

Спутниковые системы навигации являются одной из часто используемых сервисов. Среди этих спутниковых систем навигации GPS является самой распространенной. На сегодняшний день, системы слежения и навигации начали активно использовать датчики движения и ориентации для улучшения качества и точности сервиса. Часто используемыми датчиками являются акселерометры, магнитометры и гироскопы. Эти устройства предоставляют данные разного типа, которые могут быть использованы по отдельности или совместно с другими датчиками для повышения точности. Нахождение местоположения некоторого объекта при отсутствии GPS сигнала является активной областью исследований. Самым значимым недостатком этих подходов является то, что датчики недостаточно точные для вычисления местоположения на длительное время. Поэтому определение местоположения с помощью датчиков используется только те промежутки времени, когда нету сенсора с более точными данными. Одним из методов систем инерциальных навигации является использование GPS совместно с акселерометром. Во время выполнения данного проекта для сбора данных и экспериментов были использованы устройства со встроенными датчиками. Собранные данные были тщательно проаннотированы и проанализированы.

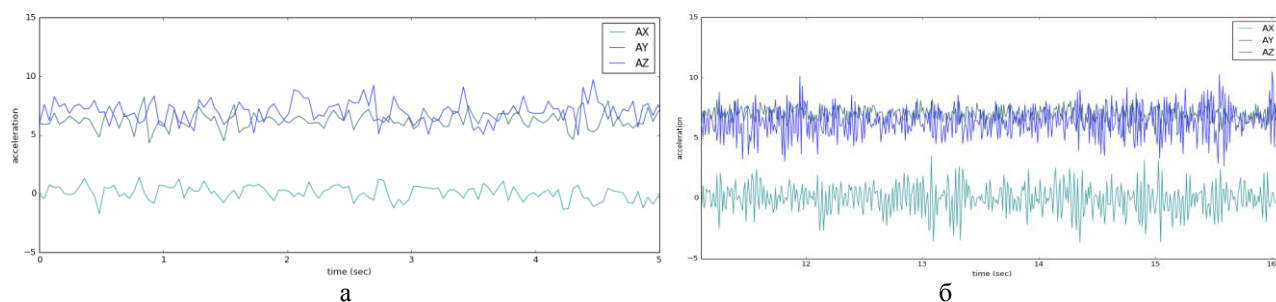
Определение качества вождения также является областью активных исследований. Основной причиной этих исследований является то, что множество дорожных происшествий происходят из-за плохого вождения. Признаками плохого вождения являются частые отвлечения от вождения, опасное маневрирование, плохое знание правил дорожного движения и т.д. Некоторые из этих факторов могут быть выявлены проанализировав данные с датчиков, установленных внутри автомобиля. Например, можно определить такие события как резкое торможение, ускорение, повороты и соблюдение скоростного режима. Предлагаемый нами метод определения направления движения может быть использован для последующего обнаружения событий. Основным преимуществом разработанного метода является то, что он не требует никакой калибровки за исключением хорошей фиксации.

Задача определения направления движения автомобиля часто встречается в разных исследованиях, связанных с системами инерциальной навигации. В [1] Vukajlović и другие разработали телематическое устройство с акселерометром и GPS для автомобилей чтобы изучить процесс столкновения автомобиля и требований точности и допустимой ошибки используемых сенсоров. Они использовали кинематическое выравнивание для определения ориентации устройства в автомобиле. Согласно этому методу направление движения автомобиля можно найти, используя значения акселерометра во время движения по прямой линии дольше чем определенное количество времени. Этот подход исключает события поворотов. Вектор ускорения свободного падения определяется в момент, когда автомобиль находится в неподвижном состоянии в ровной поверхности. Это позволяет вычислить линейное ускорение во время движение автомобиля. В [2] Davidson и другие предложили метод счисления координат, который расширяет возможности определения местонахождения с помощью акселерометра и гироскопа для получения более точных результатов во время отсутствия сигнала GPS. Они использовали фильтр Калмана для объединения показателей GPS и метода счисления координат. Устройство, на котором выполняется счисление координат, требует калибровку, состоящую из двух шагов. Горизонтальная калибровка должна быть выполнена, когда автомобиль стоит на одном месте. Угол поворота устройства вокруг вертикальной оси по отношению к автомобилю определяется во время движения с постоянным направлением и заметным ускорением. Выполнение второго шага занимает примерно 20 секунды в автоматическом режиме. Во время движение автомобиля данный алгоритм обновляет калибровку в реальном времени. Так же предлагается использование метода сопоставления с картой для увеличения стабильности и точности разработанной навигационной системы. В [3] Kunze и другие предлагают метод для определения ориентации мобильного устройства, находящегося внутри кармана движущегося пользователя, с использованием акселерометра. Направление параллельное движению пользователя находится применением метода PCA на данные полученные из акселерометра. Передняя сторона движения находится с помощью интегрирования по первой найденной компоненте, так как предполагается, что пользователь движется вперед. Работы [4-5] также рассматривают использование объединения данных акселерометра и GPS с использованием фильтра Калмана. Авторы этих работ представляют детализированную схему архитектуры системы навигации и математические модели. Показывается, что данные получаемые с датчиков часто являются неточными. Предлагается использование определенных ограничений на модель. Эти ограничения должны подходить под модель движения автомобилей. Результаты рассмотренных исследований могут быть

использованы в разных сценариях, но мы предлагаем метод, который больше подходит для случаев, когда автомобиль движется без остановок.

Если устанавливать устройство с сенсорами в одинаковом положении во всех автомобилях, то мы бы получали схожие показатели от встроенных сенсоров. Но если устанавливать устройство с сенсорами в разных положениях, то получаемые данные будут существенно отличаться друг от друга, тем самым усложняя задачу определения качества дорог. Для решения данной проблемы были разработаны новые методы и модели нахождения направления движения автомобиля. С помощью этих моделей мы можем привести все данные в одну нормализованную форму. Это облегчит создание модели обнаружения и классификации качества дорог и дорожных аномалий.

Для решения задачи определения направления движения автомобиля были собраны данные показателей сенсоров с разными положениями внутри автомобиля. Графики показывают данные с разными расположениями акселерометра (см. рисунок 1).



**Рис. 1.** а) Данные акселерометра при направлении движения по оси  $x$ .  
б) Данные акселерометра при направлении движения по оси  $y$ .

На этих визуализациях показателей датчика акселерометра сложно определить разницу в направлениях движения автомобиля. Если бы мы использовали одну модель определения качества дорог для всех этих ненормализованных данных, то мы бы получили недостоверные результаты. С помощью методов счисления координат можно определить местоположение объекта, начиная с момента отсутствия сигнала GPS. Чтобы во время использования методов счисления координат можно было анализировать ровность дороги или качество вождения автомобиля, необходимо знать в каком направлении движется автомобиль по отношению к акселерометру.

В данной работе мы приводим собственную модель для нормализации показателей датчиков. Для нормализации данных мы используем следующие шаги:

Нахождение среднего значения ускорения за каждую секунду в системе координат акселерометра.

Собрать несколько векторов среднего значения ускорения в определенных интервалах, которые удовлетворяют предопределенным условиям.

Найти среднее значение собранных векторов.

Посчитать матрицу перехода из осей координат датчика на оси координат земли.

Использовать данную матрицу для преобразования всех собранных векторов.

Определить направление параллельное к направлению движения автомобиля используя метод главных компонент на преобразованных данных.

Найти переднее направление.

Автомобили в основном ускоряются и останавливаются плавно и медленно, исключая случаи плохого вождения и непредвиденных ситуаций. Зная этот факт можно предположить, что вектор среднего значения линейного ускорения автомобиля за одну секунду, в которой произошло заметное изменение скорости движения, показывает примерное направление движения автомобиля. Линейное ускорение – это часть показателя акселерометра без ускорения свободного падения. Среднее значение ускорения за одну секунду рассматривается как совпадающим с изменением скорости за эту же секунду, которое определяется через GPS. В этой работе период возвращаемых данных через GPS была установлена равной одной секунде. Для того чтобы найти значение линейного ускорения, нужно определить значение вектора свободного падения, действующего на датчик ускорения. Предпочтительный подход для определения вектора свободного падения – нахождение вектора ускорения,



действующего на датчик, когда автомобиль находится в неподвижном состоянии, так как в этот момент линейное ускорение равно нулю. Но в случаях, когда автомобиль может двигаться без никаких остановок требуется алгоритм, который будет работать даже при долгом непрерывном движении транспорта. Вычисление среднего значения ускорений в односекундном интервале требуется для уменьшения шума в данных акселерометра.

Есть два основных фактора, которые могут усложнить задачу определения направления движения автомобиля с использованием акселерометра. Эти факторы – события поворота и неровности на поверхности дороги. Первая задача может быть частично решена с использованием фильтра кинематического выравнивания. Согласно этому фильтру центральное значение данных с датчиков из нескольких последовательных данных с постоянным направлением движения по GPS проверяется на достаточность изменения скорости в тот момент. Если все условия соблюдаются, то данные по этой секунде сохраняются в очереди событий. Событие – это секундный интервал, который удовлетворяет всем условиям ускорения и скорости. После добавления очередного элемента в очередь событий, нужно подождать некоторое время перед добавлением следующего элемента, чтобы одно продолжительное событие не заполнил большую часть всего размера очереди событий, тем самым снижая влияние предыдущих событий. На городских улицах автомобили, предположительно, ускоряются и тормозят в основном во время движения по прямой линии чем во время поворотов. Поэтому, если взять несколько последовательных событий, можно сказать, что, статистически, большая часть собранных событий будет происходить во время движения по прямой дороге. Во время тестов интервал ожидания последующего события был равен 5 секундам. Порог минимального изменения скорости был установлен равным 2 км/час. Два последовательных изменений координат по GPS считаются одинаковыми если угол между двумя векторами не превышает 10 градусов. Дополнительно к этим условиям требуется проверить интервал между двумя показателями GPS, так как длительное отсутствие сигнала может привести к ошибкам вычисления. В данной работе, мы установили длину этого интервала равной 3 секундам. При превышении этого временного интервала следует проигнорировать события, происшедшие за это время.

Очередь событий – это контейнер, который сохраняет средние ускорения и изменения скорости в односекундных интервалах, в которых выполняются все нужные условия. Для тестов размер очереди событий был равен 11. Можно выбрать другой размер очереди в зависимости от требований точности и количества вычислений. Большой размер очереди увеличит точность определения направления движения, но также увеличивается количество требуемых вычислений. Для правильной работы модели нам нужно собрать несколько векторов средних ускорений. Нужно отметить, что собираемые вектора следует сохранять только если в этот момент было заметное изменение в скорости, так как это обеспечит смещение значения среднего ускорения в направлении движения автомобиля. В дальнейшем эти вектора будут преобразованы и использованы как входные данные для метода главных компонент.

Среднее значение всех векторов находится для каждого из осей координат по отдельности. Это можно увидеть в следующей формуле:

$$m_x = \frac{1}{n} \sum a_x, \quad m_y = \frac{1}{n} \sum a_y, \quad m_z = \frac{1}{n} \sum a_z \quad (1)$$

где  $m_x, m_y, m_z$  – средние значения  $n$  векторов ускорения свободного падения по осям координат  $x, y, z$  за одну секунду, а  $a_x, a_y, a_z$  – это значения, возвращаемые акселерометром. Эти значения нужны для нахождения матрицы преобразования. Вектор  $\vec{z}' = (m_x, m_y, m_z)$  является параллельным координатной оси перпендикулярной поверхности земли. Графическая иллюстрация показана ниже (см. рисунок 2).



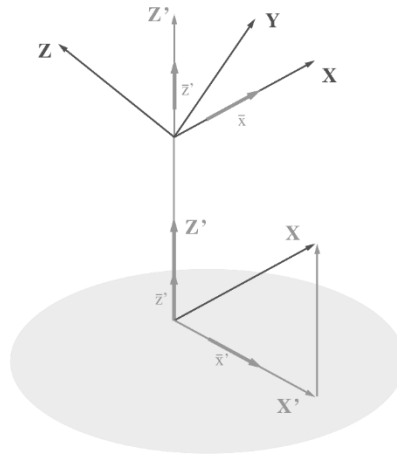


Рис. 2. Пример перехода на новую координатную систему

Теперь, когда нам известно значение вектора  $\vec{z}'$  мы можем найти значения проекций ускорений по осям  $x$  и  $y$ . Для этого находим вектор  $\vec{x}'$ , которая является проекцией вектора  $\vec{x}$  параллельной оси  $x$  на поверхность перпендикулярной вектору  $\vec{z}'$ . Формула нахождения вектора  $\vec{x}'$  приведена ниже:

$$\vec{x}' = \vec{x} - \frac{\vec{x} \cdot \vec{z}'}{\|\vec{z}'\|^2} \vec{z}' \quad (2)$$

Для нахождения вектора  $\vec{y}'$  можно использовать векторное произведение двух остальных векторов по следующей формуле:

$$\vec{y}' = -\vec{x}' \times \vec{z}' \quad (3)$$

Теперь мы можем превратить вектора  $\vec{x}'$ ,  $\vec{y}'$ ,  $\vec{z}'$  в единичные, и найти матрицу перехода, который будет переводить вектора ускорений из системы координат датчика в систему координат земли. Эти операции показаны ниже:

$$\vec{x}' = \frac{\vec{x}'}{\|\vec{x}'\|}, \quad \vec{y}' = \frac{\vec{y}'}{\|\vec{y}'\|}, \quad \vec{z}' = \frac{\vec{z}'}{\|\vec{z}'\|} \quad (4)$$

$$A = \begin{pmatrix} x_1 & x_2 & x_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 \\ z_1 & z_2 & z_3 \end{pmatrix}$$

где  $A$  это матрица перехода, а её строки — это значения единичных векторов  $\vec{x}'$ ,  $\vec{y}'$ ,  $\vec{z}'$ . Для того чтобы перевести вектор ускорения  $\vec{v}$  из системы координат датчика в систему координат земли нужно использовать следующее выражение:

$$\vec{v}' = A \cdot \vec{v} \quad (5)$$

После того как мы найдем матрицу перехода, все собранные вектора свободного падения переводятся в систему координат земли. Далее нужно нормализовать значения векторов отнимая среднее значение всех векторов. Этот шаг требуется для правильного срабатывания метода главных компонент. Для нахождения направления движения автомобиля в плоскости параллельной поверхности земли нам потребуются значения только двух осей координат —  $\vec{x}$ ,  $\vec{y}$ . Таким образом у нас есть двумерное пространство, где даны значения спроецированных ускорений.

На собранных данных можно использовать метод главных компонент, чтобы найти направление движения автомобиля. Все собранные векторы ускорений становятся строками входной матрицы данных.

Вектор движения автомобиля является параллельным к собственному вектору с наибольшим собственным значением. Чтобы понять переднее направление автомобиля, можно использовать данные знака изменения скорости, которое высчитывается с показателей GPS датчика. Из-за неточности показателей акселерометра и GPS или однородности данных в очереди событий могут возникнуть некоторые неточности вычисления. Под однородностью данных подразумевается наличие в очереди событий только ускорений, либо только торможений. Достаточный размер очереди событий может свести количество случаев с однородными данными к минимуму. После нахождения оси движения автомобиля нужно найти переднее направление. Для этого можно использовать разные подходы. В нашей работе для нахождения передней стороны, мы находим суммы ускорений и торможений в очереди событий по отдельности, и рассматриваем сумму с большим количеством элементов. Если рассматривается сумма ускорений, то переднее направление – это сторона оси движения автомобиля, к которому вектор суммы находится ближе. А если рассматривается сумма торможений, то переднее направление – это обратная сторона оси движения автомобиля, к которому вектор суммы находится ближе.

Эксперименты выявили, что средняя ошибка нахождения направления движения автомобиля равна 4,6 градусов. Это точность достаточна для использования в разных целях, но для более точных результатов возможно использование дополнительных фильтров или изменение значений порогов и коэффициентов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] М. Вукаялович, С. Тадич и Д. Драмичанин, «Практическое проектирование устройства телематики в автомобиле с помощью акселерометров GPS и MEMS», *Telfor Journal*, Vol. 4, № 2, 2012, стр. 128-132.

[2] П. Дэвидсон, М. А. Вакес и Р. Пише, «Бесперебойная портативная навигационная система с использованием данных GPS, карт и инерциальных датчиков», *IEEE 13th Int. Symp. по потребительской электронике*, 2009, стр. 2.

[3] К. Кунзе, П. Луковича, К. Партриджа и Б. Беголе: «С каким видом я сталкиваюсь: вывод горизонтальной ориентации устройства из сигнала акселерометра», *Международный симпозиум по износоустойчивым компьютерам ISWC '09*, 2009, стр. 149-150.

[4] G. Dissanayake, S. Sukkarieh, E. Nebot и H. Durrant-Whyte, «Помощь в недорогом инерциальном измерительном блоке с ограничениями на использование транспортных средств для наземных транспортных средств», *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, Vol. 17, № 5, октябрь 2001 г., стр. 731-747.

[5] Y. Tawk, P. Tomé, C. Botteron, Y. Stebler, P.-A. Фарин, «Внедрение и использование архитектуры PLL с использованием GPS / INS с жесткой связью с использованием инерционных датчиков MEMS», «Датчики 14, 2014», стр. 3770-3796.

Амиргалиев Б.Е., Куатов К.К.

#### **Акселерометр және GPS арқылы көліктің жүріс бағытын анықтау әдісі**

**Түйіндемесі:** Бұл жұмыста акселерометр және GPS қолдану арқылы көліктің жүріс бағытын анықтау әдісін ұсындық. Ұсынылған әдістің әр түрлі шарттарда және орналастыруларда жеткілікті бірқалыпты жұмыс жасай алатындығы көрсетілді. Әдіске қиындық туғызатын шарттар анықталды. Солардың ішінде бұрылу қозғалысы кезінде болатын жағдайларды шешу амалы ұсынылды. Нашар жолдарда туындайтын қателіктер әлі де шешімін тапқан жоқ. Бұл тапсырма келешекте қарастылатын болады. Бұл әдісті навигация, қадағалау және жолдың сапасын анықтау жүйелерінде қолданса болады. Тәжірибе барысында бұл әдістің орташа қателігі үлкен еместігі көрсетілді. Әдістің параметрлерін өзгерту арқылы оның дәлдігін арттыруға қол жеткізуге болады.

**Кілт сөздер:** инерциалды навигация жүйелері, көлік жүрісінің бағыты, акселерометр, GPS.

Amirgaliyev B.Y., Kuvatov K.K.

#### **Method for estimation of the direction of motion of vehicle using accelerometer and GPS**

**Summary:** This paper has presented new method for estimation of heading direction of vehicle motion using accelerometer and GPS. It has been shown that this method can work reliably and accurately enough. Approach for turn event handling issue was presented and explained in detail. But rough road cases were not covered in this research. This task will be covered in our future work. The proposed method is suitable for using in dead-reckoning or driving behavior analysis systems since it can work fully automatically and without any initialization step. The experimental testing has shown that mean error of this method is small. It is still possible to improve accuracy of the proposed method using additional experiments and approaches.

**Keywords:** inertial navigation systems, direction of vehicle motion, accelerometer, GPS.

УДК 622.

**Х.П. Цинке<sup>1</sup>, К.К. Елемесов<sup>2</sup>, И.Н. Столповских<sup>2</sup>, М.И. Ахметова<sup>2</sup>**

(<sup>1</sup>Гамбургский технический университет, Германия, Гамбург,

E-mail: Нр.zinke@hotmail.com, Научный консультант-советник ТОО «БАУЭР Казахстан»

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева, КазНИТУ,  
Алматы, Республика Казахстан, E-mail: ivanstol@rambler.ru)

## **ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ**

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам повышения эффективности работы гидравлических экскаваторов путем раскрытия наиболее весомых факторов конкретных производственных условий эксплуатации, существенно влияющих на конечный результат работы.

В статье ставится задача рассмотреть эффект влияния отдельных конструктивных, технологических, горно-геологических и эксплуатационных факторов на производительность гидравлических экскаваторов. В результате анализа авторы доказывают, что выбор конструктивных особенностей ковша экскаватора необходимо производить с учетом физико-механических свойств разрабатываемых горных пород. Выявлено, что подбор операторов экскаваторов существенно влияет не только на результаты грузозачно-транспортных работ, но и на износ и содержание рабочих органов экскаватора.

Выделяются и описываются характерные особенности организации схем погрузки самосвала экскаваторами с прямой и обратной лопатами, дается оценка их эффективности в зависимости от времени обмена и грузоподъемности самосвалов.

В заключении раскрываются в совокупности все вопросы учета факторов влияющих на производительность экскаваторов в виде практических рекомендаций.

**Ключевые слова.** Гидравлический экскаватор, производительность, факторы и величины воздействия, виды грунтов, усилия отрыва и разрыва, конструкция ковша, оператор, мощность, эффективность.

### **Факторы и величины воздействия**

Развитие открытых горных работ связано с широким использованием карьерных гидравлических экскаваторов. Условия эксплуатации гидравлических экскаваторов характеризуются большим разнообразием и требованиями к техническим параметрам экскаваторов, весьма многообразны. Условно их можно объединить в семь групп: конструктивные; технологические; горно-геологические; климатические; эксплуатационные; экологические и экономические. Весомость каждой из групп факторов, также различна.

Оценка всех фактор в данной работе не предусмотрена, потому что объем статьи ограничен. Одним из основных параметров гидравлических экскаваторов является его производительность, которая зависит от многих факторов, более или менее влияющих на конечный результат работы. В данной работе излагаются наиболее значимые из них.

Производительность это результат соотношения продукта труда на затраченные время (т/ч)

$$P=Q/t, \quad \text{т/ч,}$$

где P – производительность, т/ч;

Q - масса перемещаемого материала, т;

t - время, за которое материал был перемещен, ч.

### **Виды грунтов**

Различные виды грунтов и скал разделяют на категории грунтов. Чем выше оцифровка категории, тем тверже и крепче грунт. Под грунтами подразумевается полный состав почвенного основания, т.е. грунтом в такой же степени может быть и скала или болотная почва.

Грунты 6-ой и 7-ой категорий как правило взрываются или разрыхляются, прежде чем их можно разрабатывать. Остальные грунты можно копать без предварительной подготовки. (таблица 1)

Таблица 1. Коэффициент удельного сопротивления копанию (резанию)

Категория грунта	Грунты	Удельное сопротивление копанию (резанию) Н/см <sup>2</sup>
1.	Песок; супесь; мягкий и средний влажный и разрыхленный суглинок без включений	0,98 – 5,4
2.	Суглинок без включений; гравий мелкий и средний; мягкая и влажная или разрыхленная глина	5,6 – 20,6
3.	Суглинок крепкий; глина средняя, крепкая, влажная или разрыхленная; очень мягкие аргиллиты и аллевролиты; уголь очень мягкий, рыхлый	15,7 – 29,4
4.	Суглинок крепкий со щебнем или галькой; глина крепкая и очень крепкая влажная; уголь мягкий; конгломерат очень слабо сцементированный (мягкий)	25,5 – 43,15
5.	Сланцы средние; глина и пески крепкие, сухие отвердевшие; глина спондиловая; мел; гипс; опоки; мергель; песчаники мягкие; конгломераты и уголь средней крепости; руда фосфоритовая и марганцевая мягкая; скальная порода, хорошо взорванная (куски не более 0,3 -0,4 ширины ковша)	32,4 – 58,8
6.	Ракушечник; известняк мягкий, пористый; мел; сланцы; мергель и гипс средней крепости; уголь крепкий Уголь очень крепкий; руда марганцевая крепкая	29,4 – 53,94 49,0 – 107,9
7.	Сланцы; мергель; мел и гипс средней крепости; песчаник мягкий, мерзлые грунты	98,1 – 343,2
8.	Скальные и мерзлые породы, хорошо взорванные	2,2 – 3,5

Твердость и трещиноватость грунтов влияют на процесс заполнения ковша. Чем более крупнокусковый грунт, тем хуже это влияет на время заполнения ковша и тем самым на производительность экскаватора.

Другая сторона, на которую надо обращать внимание, это его плотность. От плотности грунта зависит не только твердость и прочность его, но и вес. Вес объема в ковше противодействует всем процессам ускорения ковша при копании и таким образом замедляет движение ковша.

#### Усилие отрыва

Усилие отрыва  $F_L$  - это усилие, которое воздействует на кромку зубьев от гидроцилиндра ковша (рис.1, а). Измеряется оно тангенциально по радиусу поворота ковша. Ковш при этом занимает такое положение, когда момент копания, созданный цилиндром ковша и балансиром поворота ковша, наибольший. Это положение означает начало наибольшего плеча рычага поворота ковша. Для копания твердого грунта лучше всего выбирать ковш с небольшим радиусом поворота, чтобы тем самым увеличить усилие отрыва (рис.1, б).

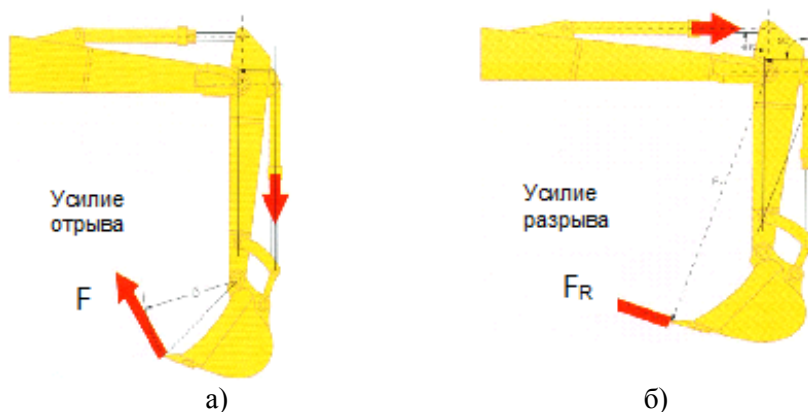


Рис. 1. Усилия отрыва и разрыва

### Усилие разрыва

Усилие разрыва  $F_R$  экскаватора - это усилие, вызванное гидроцилиндром рукояти на режущей кромке или зубьях ковша. Это усилие устанавливают или измеряют тангенциально к радиусу  $R$ . Максимальное усилие разрыва возникает, когда цилиндр рукояти расположен перпендикулярно к плоскости, которая проходит через точку вращения рукояти на стреле. Ковш при этом должен находиться в положении максимального усилия отрыва.

### Ковш

Ковш - главный инструмент каждого экскаватора как горно-добывающей машины. Он имеет решительное значение для работы экскаватора, потому что без него экскаватор не работоспособен для копания грунта. При конструкции ковша необходимо учитывать требования, которые оказывают основное влияние на эффективность процесса копания.

### Сопротивление копанию

Сопротивление копанию – жизненно важный фактор для производительности экскаватора. При большом сопротивлении копанию экскаватор нуждается в большой мощности, чтобы заполнить ковш. В случае недостаточной мощности для заполнения ковша оператору придется выполнять дополнительные вспомогательные действия, чтобы заполнить ковш. Но от этого увеличивается время заполнения ковша и производительность существенно сокращается. При низком сопротивлении копанию время необходимое для заполнения ковша уменьшается.

Сопротивление копанию - это сила, которую можно подсчитать по формуле

$$F = k_a \cdot A, \text{ Н,}$$

где  $k_a$ - удельное сопротивление копанию, Н/см<sup>2</sup>;

$A$  - плоскость поперечного сечения ковша, м<sup>2</sup>.

Удельное сопротивление копанию зависит от категорий грунта (таблица 1).

Другие зависимости удельного сопротивления копанию - поперечное сечение ковша. Оно зависит от высоты кромки, высоты зубьев, числа зубьев, ширины боковой стенки и глубины копания (рис.2).

Принципиально можно сказать, что специфическое сопротивление копанию увеличивается с возрастом категории грунта.

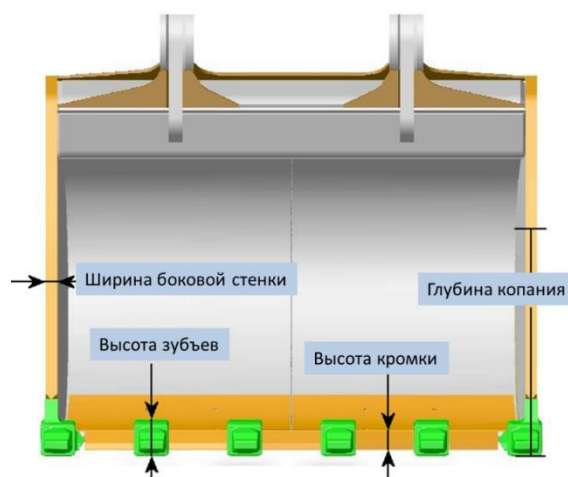


Рис. 2. Параметры сопротивления копанию

### Ширина ковша

Ширина ковша оказывает влияние на работоспособность экскаватора. Различные ширины ковшей оказывают разные сопротивления копанию, особенно при различных грунтах и вязкости грунтовой массы (рис. 3).

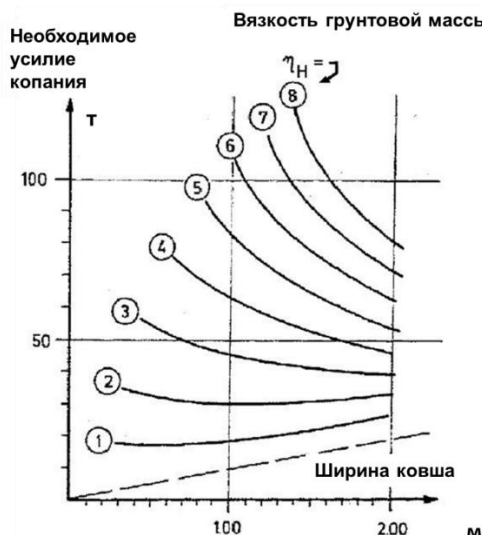


Рис. 3. Зависимость сопротивления копания от параметров ковша

Вязкость грунтовой массы зависит в основном от категории грунта и его трещиноватости. Грунт, имеющий вязкость 1 - очень мягкий. Грунт, имеющий вязкость 8 - скалистый и сильно трещиноватый, что означает, что он содержит крупнокусковые обломки скалы с малой долей мелкозернистых фракций. Горную массу с показателем вязкости 3 можно легко грузить с меньшим усилием с более широкими ковшами. Особенно заметно, что у сильно скалистых материалов усилие разрыва существенно уменьшается.

Вывод - ширину ковша нужно подбирать как можно больше. Но при этом, конечно, подбор ширины ковша должен быть в соответствии с общей геометрией ковша.

#### Боковые стенки - боковые кромки

Боковые стенки или боковые кромки занимают до 30% энергии прикопаниииот суммарной энергии копания. Это значит, что сопротивление копания сильно зависит от конфигурации боковых стенок ковша. Важную роль при этом играет угол наклона, т.е. угол между плоскостью боковой кромки и главной режущей кромкой (рис. 4).

По результатам выполненных исследований установлено, что угол наклона боковой стенки должен быть не меньше  $54^\circ$  и не больше  $65^\circ$ , чтобы снизить затраты энергии.



Рис. 4. Угол наклона боковой кромки

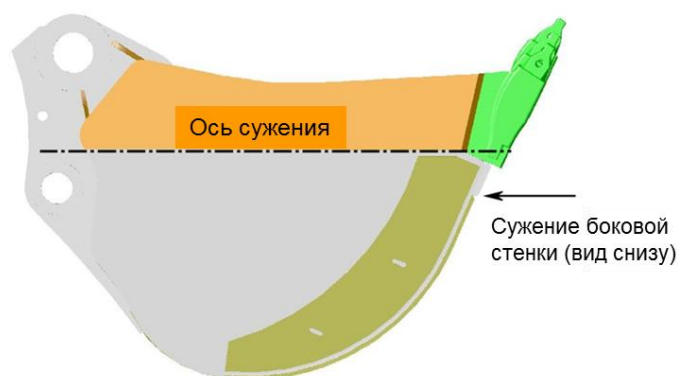


Также необходимо учесть при конструкции ковша сужение боковых стенок; (рис. 5).



**Рис. 5.** Сужение боковой стенки (вид снизу)

Сужение боковых стенок положительно влияет на разгрузку ковша, особенно у сильно связных и мокрых грунтов. Эти грунты, например суглинок и супесок, очень хорошо прилипают к стенкам ковша. С целью уменьшения этого эффекта прилипания боковые стенки сужаются (рис.6).



**Рис. 6.** Сужение боковой стенки (вид со стороны)

Дополнительная причина сужения - уменьшение трения грунта о боковые стенки. Уменьшение трения грунта всегда уменьшает сопротивление копанью.

Трение грунта также зависит от категории грунта и его влажности. При копании скалистых грунтов сужение боковых стенок играет малую роль, так как трение остается равномерным. При копании песчаных грунтов наоборот, здесь можно рассчитывать на уменьшение сопротивления копанью на 14% при сужении боковых стенок на 2°.

#### **Главная режущая кромка**

Главная режущая кромка - основная часть каждого ковша. Она подвергается наибольшему нагрузкам и наивысшему износу. Когда кромка оснащена зубьями, наибольший износ сосредоточен на зубья. При плохом техническом обслуживании зубьев кромки изнашиваются, что вызывает частую замену ковша, увеличиваются простои экскаватора и тем самым снижается его производительность.

Производственный опыт показал, что наилучший угол стреловидности режущей кромки ковша около 20°, чтобы ковш легко мог внедряться в скалистую породу (рис.7).

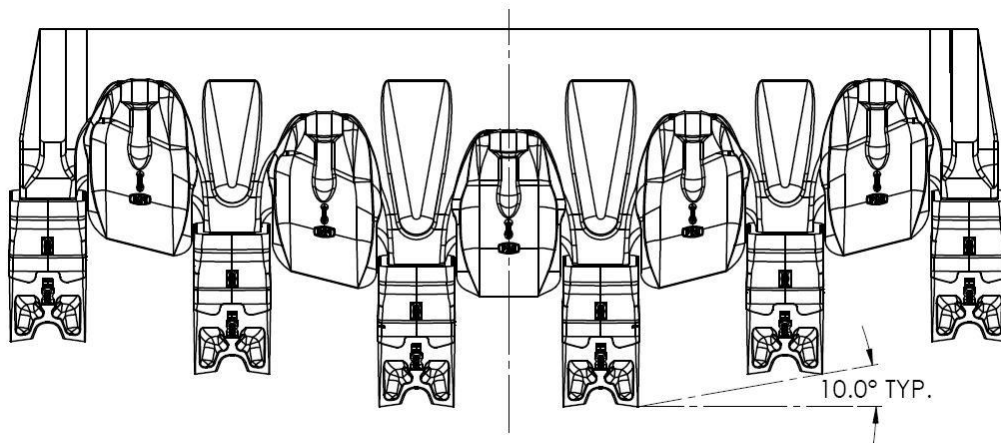


Рис. 7. Угол стреловидности режущей кромки

### Зубья

Задача зубьев - осуществлять внедрение режущей кромки в породу. Это возможно, из-за того, что зубья оказывают гораздо более высокое давление на породу, чем кромки без зубьев.

Установлено что грунты имеют удельное сопротивление копанию  $K_A$ .

$$K_A = \frac{F}{A}, \frac{H}{\text{см}^2},$$

где  $F$  - усилие копанию, создаваемое экскаватором, Н;  
 $A$  - площадь поперечного сечения зуба (зубьев),  $\text{см}^2$ .

Для того, чтобы зубья могли внедряться в грунт, оказываемое давление должно быть больше удельного сопротивления копанию  $K_A$ .

Площадь поперечного сечения зубьев намного меньше, чем площадь поперечного сечения режущей кромки. Исходя из того, что в определенном положении рабочего оборудования усилие копания неизменное, то давление  $p_{\text{зуб}}$  на вершине зуба всегда больше чем на вершине режущей кромки.

$$p_{\text{зуб}} = \frac{F_{\text{коп}}}{A_{\text{зуб}}}$$

где  $F_{\text{коп}}$  - максимальное усилие при копании, Н;  
 $A_{\text{зуб}}$  - площадь поперечного сечения зубьев,  $\text{см}^2$ .

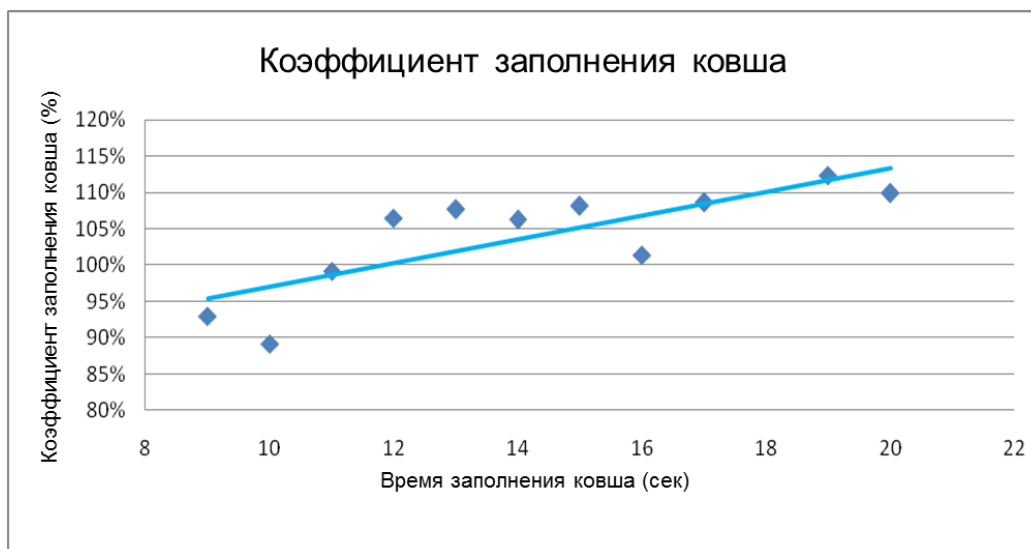
При такой закономерности, экскаватор в состоянии успешно копать породу.

Применение зубьев позволяет повысить долговечность ковша, потому что износ при этом сконцентрирован на зубья, а не на режущую кромку ковша.

### Оператор (машинист)

Этот фактор воздействия - весьма значительный. Оператор, в зависимости от его квалификации, знаний и опыта может существенно повлиять на производственный результат. Оператор должен основательно знать все функции своей машины и поэтому его обучение - самая важная предпосылка для достижения высокой производительности.

Например, намерение оператора увеличить коэффициент заполнения ковша, удлиняя время его заполнения или сократить цикл копания и тем самым увеличивая число разгруженных ковшей за определенный период загрузки, существенно влияет на производительность экскаватора, в целом (рис. 8).



**Рис. 8.** Коэффициент заполнения ковша в зависимости от времени копания

Другой фактор - стиль управления экскаватором. Опытные операторы исполняют все функции копания одновременно. Процесс копания в таких случаях смотрится как непрерывный. У других операторов получается, что каждая функция выполняется друг за другом и в результате понижается производительность.

Подводя итог, можно констатировать, что подбор операторов существенно влияет не только на результаты погрузочно-транспортных работ, но и на износ и содержание рабочих органов экскаваторов.

#### **Организация открытой разработки при работе с экскаваторами**

Этот процесс учитывает влияние всех факторов, связанных с экскаваторами, видами разрабатываемых грунтов и операторами. Здесь рассматриваются все вопросы организации погрузочно-транспортных работ экскаваторов с самосвалами.

Наиважнейший фактор эффективности - время обмена самосвала под экскаватор. Это время измеряется от того момента, когда последний ковш при погрузке одного самосвала опорожнился и до момента, когда первый ковш начал грузиться в следующий самосвал. Обычно принимается эффективным время от 30 до 45 секунд для этого цикла. Сократить время обмена самосвала можно с помощью так называемой двойной погрузки, т.е. когда второй самосвал уже находится в погрузочном положении во время погрузки первого (рис. 9)



**Рис. 9.** Двойная погрузка самосвалов

Двусторонняя погрузка сильно сокращает цикл погрузки. Самый меньший цикл при этом может совпадать с циклом копания экскаватора. Обычно двусторонняя погрузка применяется у экскаваторов с обратной лопатой. Экскаватор с обратной лопатой при работе в открытых разработках как правило находится в возвышенном положении (рис.10).



Рис. 10. Обычная схема погрузки самосвала экскаватором с обратной лопатой

Как и при обычном режиме односторонней погрузки а также и при двухсторонней погрузке очень важно, чтобы водители самосвалов строго согласовывали свои действия, во избежание столкновений их машин (рис.11).

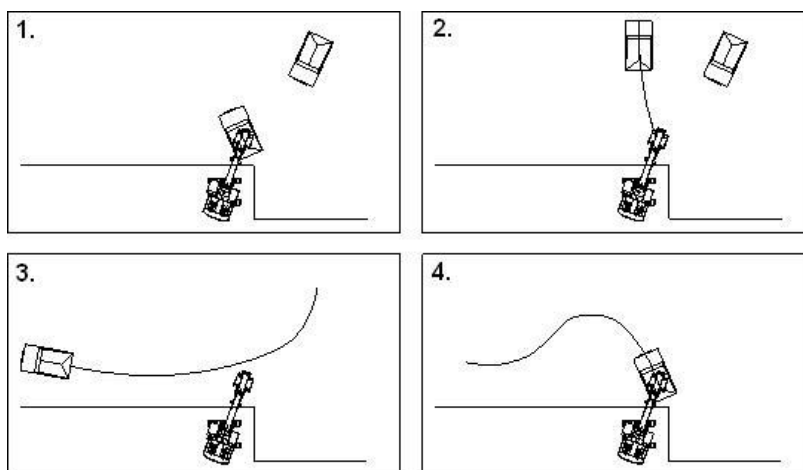


Рис. 11. Стандартные схема установки самосвалов при погрузке

Рациональный процесс погрузки самосвалов: ожидающий самосвал во время погрузки другого самосвала находится уже в таком положении, что ему нужно всего лишь двигаться назад после того, как погрузка первого самосвала завершена (рис.12).

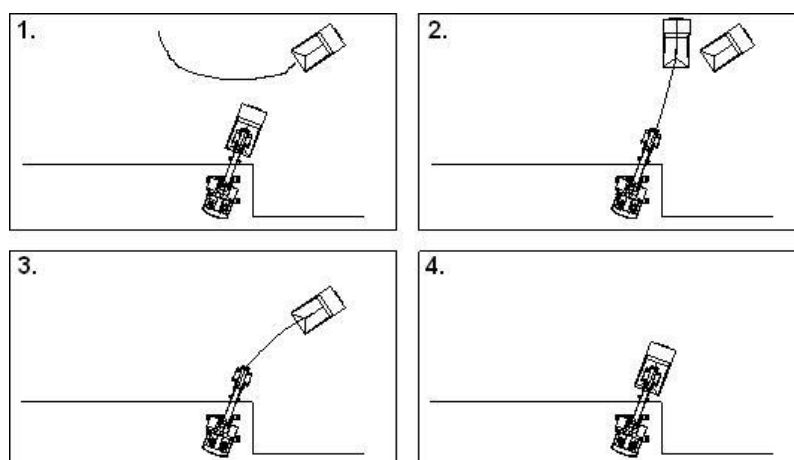


Рис. 12. Оптимальный процесс погрузки самосвалов

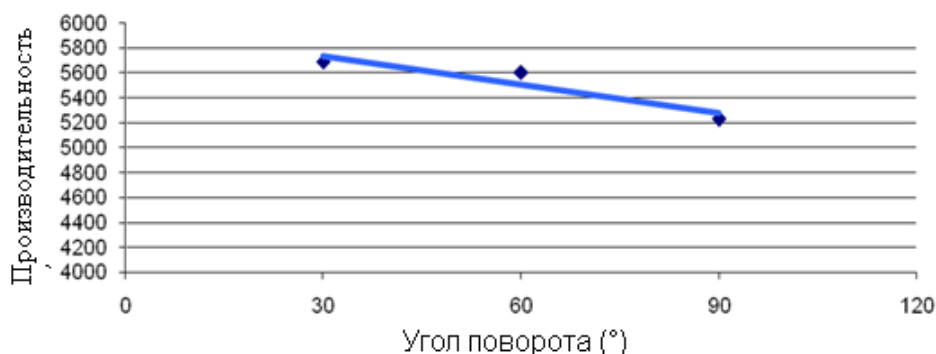


Рис. 13. Производительность (т/час) в зависимости от угла поворота экскаватора при погрузке самосвалов

Очевидно, что при увеличении времени обмена самосвалов уменьшается их производительность. Следовательно, и падает производительность экскаваторов. Кривые показывают совместную производительность экскаваторов и самосвалов при различных полезных грузах. Полный рабочий цикл погрузки в этом случае - 32 секунды и объем ковша - 30 м<sup>2</sup> (60 тонн). Полный рабочий цикл – это время, затраченное на погрузку самосвала (рис.14 и таблица 2).

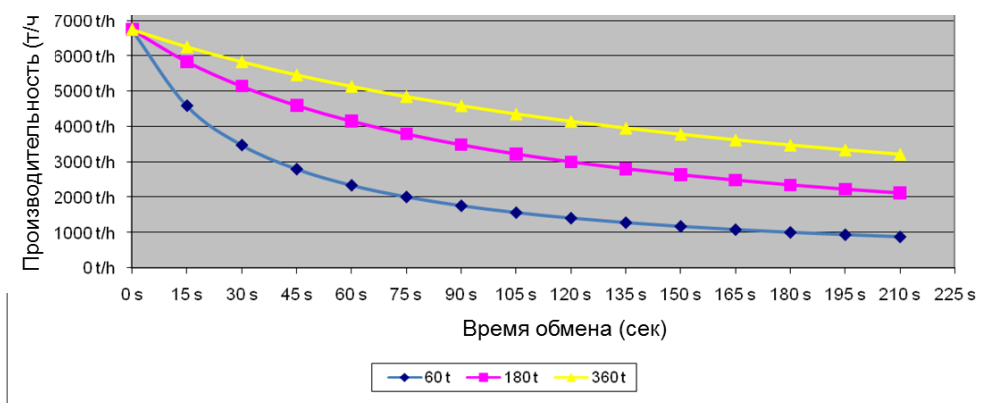


Рис. 14. Влияние времени обмена самосвалов на производительность различных типоразмеров самосвалов

Таблица 2. **Производительность экскаватора в зависимости от времени обмена и грузоподъемности самосвалов**

Время обмена	Тип самосвала					
	60 t	120 t	180 t	240 t	300 t	360 t
0 s	6750 t/h	6750 t/h	6750 t/h	6750 t/h	6750 t/h	6750 t/h
15 s	4596 t/h	5468 t/h	5838 t/h	6042 t/h	6171 t/h	6261 t/h
30 s	3484 t/h	4596 t/h	5143 t/h	5468 t/h	5684 t/h	5838 t/h
45 s	2805 t/h	3963 t/h	4596 t/h	4994 t/h	5268 t/h	5468 t/h
60 s	2348 t/h	3484 t/h	4154 t/h	4596 t/h	4909 t/h	5143 t/h
75 s	2019 t/h	3108 t/h	3789 t/h	4256 t/h	4596 t/h	4854 t/h
90 s	1770 t/h	2805 t/h	3484 t/h	3963 t/h	4320 t/h	4596 t/h
105 s	1577 t/h	2556 t/h	3224 t/h	3708 t/h	4075 t/h	4364 t/h
120 s	1421 t/h	2348 t/h	3000 t/h	3484 t/h	3857 t/h	4154 t/h
135 s	1293 t/h	2171 t/h	2805 t/h	3285 t/h	3661 t/h	3963 t/h
150 s	1187 t/h	2019 t/h	2634 t/h	3108 t/h	3484 t/h	3789 t/h
165 s	1096 t/h	1886 t/h	2483 t/h	2949 t/h	3323 t/h	3630 t/h
180 s	1019 t/h	1770 t/h	2348 t/h	2805 t/h	3176 t/h	3484 t/h
195 s	952 t/h	1668 t/h	2227 t/h	2675 t/h	3042 t/h	3349 t/h
210 s	893 t/h	1577 t/h	2118 t/h	2556 t/h	2919 t/h	3224 t/h



Если по внутризаводским причинам в карьере нельзя улучшить время обмена самосвалов, нужно увеличить их грузоподъемность. Это позволяет увеличить производительность при неизменном времени обмена.

Смысл этого мероприятия в том, что доля погрузочных работ повышается потому, что нужно меньше самосвалов для такого же объема вскрыши и породы. В такой же сфере обсуждается и вопрос о том, должен ли самосвал уже стоять перед забоем в ожидании погрузки, когда предыдущий самосвал еще грузится или нет.

В случае стоянки самосвала, когда предыдущий самосвал еще грузится, он конечно потеряет эффективное производственное время. В оптимальном случае он должен приехать в тот момент, когда погруженный самосвал уезжает.

Следующий фактор - соответствие грузоподъемности самосвалов вместимости ковша экскаватора. При делении вместимости самосвала на емкость ковша важно получить целое число. При дробном числе случается, что надо грузить незаполненные ковши, чтобы не превышать грузоподъемность самосвалов. Тем самым понижается производительность комплекса экскаватор - самосвал. В этом комплексе по опыту число ковшей на погрузку самосвала должно колебаться от 4 до 6.

Более низкое число ковшей означает, что самосвалы излишне маленькие для данного типоразмера экскаватора. А наоборот, более высокое число показывает, что экскаватор слишком маленький.

Для облегчения работы экскаваторщика применяют погрузчики или бульдозеры для расчистки и выравнивания полотна забоя. Это позволяет экскаваторщику сосредоточиться всем своим вниманием на погрузочную работу. Пример такой процедуры приведен на рис.15.



**Рис. 15.** Расчистка и выравнивание полотна забоя

Расчистка и выравнивание полотна забоя, как и всех карьерных дорог - важное мероприятие для сохранения работоспособности и долговечности самосвалов.

Таким образом, учет факторов существенно влияющих на производительность экскаваторов в зависимости от конкретных условия эксплуатации позволит оптимально использовать все резервы конструкции базовых моделей гидравлических экскаваторов.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Фрейнкман И.Е., Ильгисонис В.К.: Землеройные машины, изд. "Машиностроение", Ленинград, 1972.
- [2] Abshayakov E.B., Stoplovskikh I.N.: SLEIPNER transport systems – advantages and problems of operation, (Kazakh National Technical University K.I. Satpaev, Almaty, Republic of Kazakhstan).
- [3] Dr.-Ing. Hans-Peter Zinke: Bergbaumaschinen und ihr Einsatz; Grin Verlag GmbH, 2016
- [4] J. Breuer: Einflussgrößen auf die Produktionsleistung von Hydraulikbaggern; Fachhochschule Köln, 2007.
- [5] Зеленин А.Н.: Основы разрушения грунтов механическими способами, изд. "Машиностроение", Москва, 1968.
- [6] Домбровский Н.Г.: Экскаваторы, изд. "Машиностроение", Москва, 1969.



Цинке Х. П., Елелмесов К. К., Столповских И. Н., Ахметова М. И.

**Гидравликалық экскаваторлардың конструктивтік ерекшеліктерінің өнімділікке әсері**

**Түйіндеме:** Гидравликалық экскаваторлардың конструктивтік ерекшеліктерінің өнімділікке әсері атты мақаланың кіріспесінде гидравликалық экскаваторлардың өнімділігіне елеулі әсер көрсететін факторларды анықтау бойынша талдау нәтижелері келтірілген.

Теориялық зерттеулер мен практика деректерінің негізінде авторлар шөміш экскаваторын толтыру процесіне топырақтың қаттылығы және жарықшақтылығының әсер ету нәтижелерін келтіреді. Шөміш тұтқаларың цилиндрінің орналасуына қарай максималды куш әсері мен тау-кен жыныстарының бөлінуі келтірілген. Топырақ кедергісін еңсеру үшін кететін қуат шығындардың азайту мақсатында орындалған зерттеулер нәтижелері анықтағандай, шөміштің енін жалпы геометриялық өлшемін ескере отырып мүмкіндігінше үлкейтіп таңдау қажет, ал бүйір қабырғаларының көлбеу бұрышын  $54^\circ$  тен  $65^\circ$  диапазонында қабылдау керек.

Факторларды есепке алу жөніндегі ұсынымдар бойынша экскаваторлардың өнімділігіне айтарлықтай әсер ететін нақты шарттар ақпаратты болып табылады, және оны гидравликалық экскаваторлар мен жұмыс істейтін ұйымдар мен нысандар оңтайлы пайдалануына мүмкіндік береді.

**Түйін сөздер:** Гидравликалық экскаватор, өнімділік, әсер ету факторлары мен шамасы, топырақтың түрлері, қабығы мен жастық күші, шелек дизайны, оператор (қуат), тиімділік.

Zinke H.P., Elemmesov K.K., Stolpovskikh I.N., Akhmetova M.I.

**Influence of design features of hydraulic excavators on their productivity**

**Summary:** In the introduction of the article "Influence of the structural features of hydraulic excavators on their productivity," the results of an analysis are shown to identify factors that have a significant effect on the performance of hydraulic excavators.

On the basis of theoretical studies and practical data, the authors give the results of the effect of hardness and fracturing of soils on the process of filling the bucket of an excavator. The occurrence of maximum rock bursting forces is determined depending on the position of the bucket cylinder. According to the results of the performed studies it was found that the width of the bucket should be selected as much as possible taking into account the general geometry of the bucket and the angle of inclination of the tank walls should be in the range from  $54^\circ$  to  $65^\circ$  in order to reduce the energy consumption for overcoming and ground resistance.

Recommendations for taking into account the factors that significantly affect the performance of excavators depending on the specific operating conditions are informative, they make it possible to optimally use all the reserves of the design of the basic and prospective models of hydraulic excavators and can be useful organizations and forms involved in the operation, design and manufacture of hydraulic excavators.

**Key words:** Hydraulic excavator, productivity, factors and magnitude of impact, types of soils, peel and tear force, bucket design, operator, power, efficiency.

УДК 678+691.175

**А.Д. Мурадов, Е.Е. Сандыбаев**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан, [abyl.muradov@mail.ru](mailto:abyl.muradov@mail.ru))

**ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК КАК СЛЕДСТВИЕ ВВЕДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Проведены исследования особенностей изменения физико-механических свойства полиимидных (ПИ) композиционных пленок в зависимости от введения различных наполнителей (монтмориллонит (ММ) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ)), а также от электронного облучения. Установлено, что добавление полиэтилентерефталата приводит к изменению морфологии полимерных пленок, что и ведет к увеличению прочности необлученных композитов. Увеличение содержания (ММ) от 0,5 до 1 % приводит к незначительному росту пластичности и уменьшению прочности у необлученных полимерных пленок, а содержания полиэтилентерефталата в полимерной композиции до 5% - к росту пластичности и прочности.

Электронное облучение улучшает механические свойства полимерной композиции с добавкой 0,5% полиэтилентерефталата по сравнению 0,5% добавкой монтмориллонита. Подобное поведение данных материалов связывается с усиливающимся эффектом роста отношения длины жесткоцепного сегмента к его сечению, ростом количества дефектов в элементах, характерных для обычного материала, высокой адгезией на границе между матрицей и волокном, высокой разрывной и ударной прочностью.

**Ключевые слова:** полиимид, композит, наполнитель, монтмориллонит, полиэтилентерефталат, электронное облучение, механические свойства.

### **Введение**

Основным направлением технического прогресса промышленности полимерных материалов в настоящее время является модификация известных высокомолекулярных соединений. Постоянное ужесточение требований к современной технике обуславливает назначение полимера, его природу, условия эксплуатации и другие факторы. Решением поставленных задач является создание композитных материалов.

До настоящего времени отсутствуют систематические исследования позволяющие прогнозировать свойства композиционных материалов и получать эти материалы с заранее заданными свойствами.

### **Методы исследования**

В данной работе проведены исследования изменения физико-механических свойств полиимидных композиционных пленок от действия различных добавок (монтмориллонит (ММ) и полиэтилентерефталат (ПЭТФ)), а также от воздействия электронного облучения.

Объекты исследования - полиимидные пленки (ПИ) толщиной  $d = 35$  мкм и его гомогенные композиции с монтмориллонитом (ММ) и полиэтилентерефталатом (ПЭТФ). Образцы с различными добавками на основе полиимида изготовлены методом механического смешения на основе полиимидного лака и раствора монтмориллонита, полиэтилентерефталата.

Полученные материалы предварительно облучались на воздухе при комнатной температуре на электронном линейном ускорителе типа ЭЛУ-6 с энергией 4 МэВ. Средний ток пучка составлял 1000 мкА. Длительность импульсов соответствовала 5 мкс с частотой их повторения 200 Гц. Поглощенная доза образцами составляла 250 кГр.

Механические испытания проводились на испытательной разрывной машине INSTRON 5982 со скоростью раздвижения зажимов  $0,05$  мм/мин.

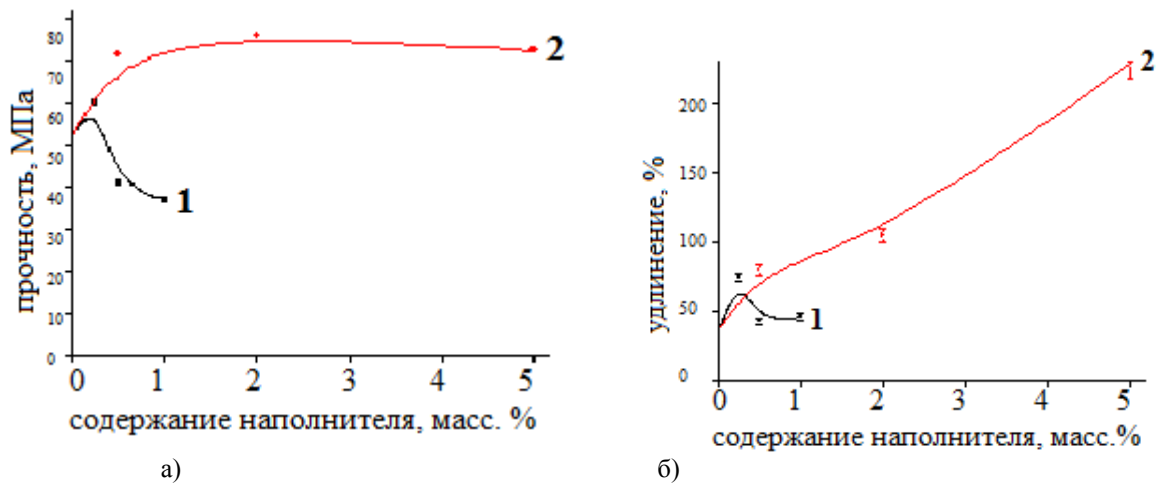
Исследуемые пленки специальными зажимами прикреплялись к раздвижным механизмам разрывной машины. Испытания материалов проводились в виде одноосного растяжения при постоянной нагрузке и температуре  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ , относительной влажности воздуха  $(45 \pm 5)\%$ . Воздействие механической нагрузки осуществлялась до полного разрыва образцов. Погрешности измерения нагрузки и деформации составляли  $\pm 0,5\%$  от измеряемой величины [1].

Управление испытательной машиной осуществлялось посредством программного обеспечения Instron Bluehill 3, которое поставлялось совместно с универсальной испытательной машиной Instron 5982. Оно предназначалось для проведения испытания материалов и обладает интуитивно-понятным web-оформлением. С помощью данного программного обеспечения задавались параметры испытания, управление системой, сбор и анализ данных, полученных в ходе испытания [1].

Эксперименты по исследованию механических свойств композитных материалов были проведены согласно ГОСТ Р 50583-93 и американскому стандарту D 3039/D 3039M - 00.

### **Анализ результатов**

На рисунке 1 представлены графики зависимости прочности (а) и удлинения (б) от содержания наполнителя необлученных композитных материалов на основе ПИ. Введение наполнителя монтмориллонита до 1 мас. % в полиимид несущественно изменяет пластичность материала, но уменьшает прочность на 30 % (рис. 1 а, б). Введение же 0,5 мас. % полиэтилентерефталата увеличивает прочность материала на 37%. а увеличение концентрации до 5 % не вызывает дальнейших изменений прочности с ростом относительного удлинения в 2,3 раза.



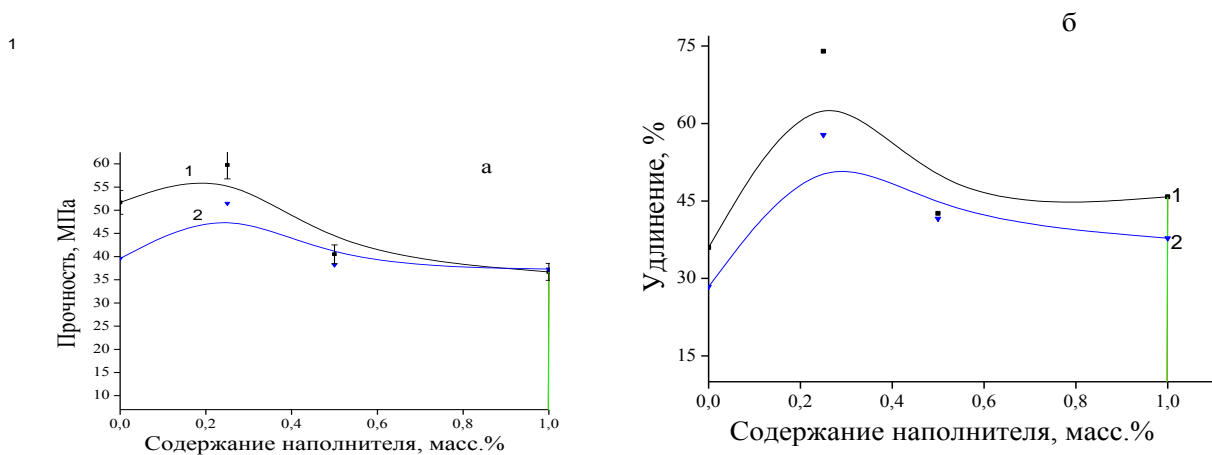
а) б)  
1 - монтмориллонит, 2 – лавсан

**Рис. 1.** Зависимость прочности (а) и удлинения (б) от содержания наполнителя необлученных композитных материалов

Электронное облучение данных материалов приводит к существенному изменению зависимостей относительного удлинения  $\epsilon$  от приложенного напряжения  $\sigma$  (рис.2, 3).

Увеличение концентрации ММ от 0,5 до 1 мас.% ведет к увеличению пластичности от 18,3 до 27,2%, но уменьшает прочность от 21,5 до 29 %.

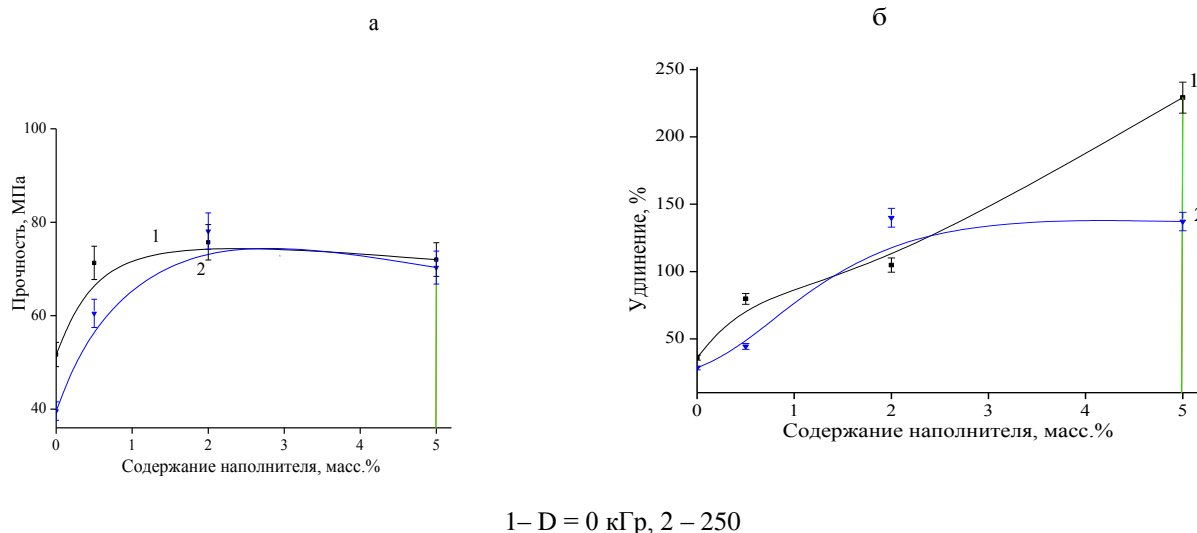
Электронное облучение дозой 250 кГр композитного материала с монтмориллонитным наполнителем вызывает возрастание пластичности в 2 раза (на 104%) для концентрации 0,25 мас.%, а для 0,5 мас.% в 1,5 раз (на 46%) и для 1 мас.% в 1,3 раза (на 31%). В то же время уменьшается прочность в 0,9 раз с наполнителем концентрацией 0,5 мас.% на 4%, а для 1 мас.% на 5% по сравнению с исходным облученным полиимидом. Такие изменения механических характеристик обусловлены ионизацией межслоевой воды, содержащейся в структуре ММ. и ее взаимодействием с радикалами полиимида, приводя его к гидролитической деструкции.



1 – D = 0, 2 – D = 250 кГр

**Рис. 2.** Зависимость прочности (а) и удлинения (б) от содержания наполнителя монтмориллонита в полиимиде облученных электронами

Наполнитель ПЭТФ по разному изменяет механические свойства полиимида. Наполнитель концентрацией 0,5 мас.% увеличивает относительное удлинение в 2,3 раза и прочность композитного материала на 37 %. Содержание лавсана концентрацией 2 мас.% в композите приводит к увеличению пластичности его в 2,9 раза и ее прочности на ~ 46 %. Увеличение концентрации ПЭТФ до 5 мас.% ведет к возрастанию пластичности в ~ 6,4 раза и прочности на 39 % по сравнению с исходным материалом.



1 –  $D = 0$  кГр, 2 – 250  
**Рис. 3.** Зависимость прочности (а) и удлинения (б) от содержания наполнителя полиэтилентерефталата в полиимиде облученных электронами

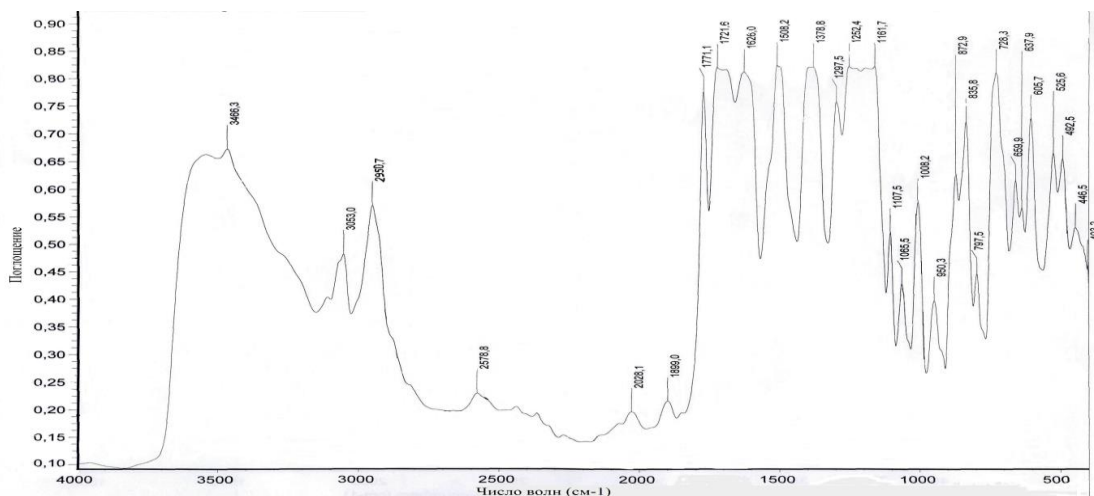
Электронное облучение дозой  $D = 250$  кГр полиимида с наполнителем ПЭТФ до 2 мас.% ведет к уменьшению прочности на 15% и увеличению относительного удлинения на 33 %, а дальнейшее увеличение концентрации до 5 мас.% не меняет прочность, но уменьшает пластичность на 60 % (рис. 3).

Прочность композитных материалов при дозе облучения 250 кГр такова, что для 5 мас.% добавки остается неизменной на 76% больше исходного, а для композиции с 0,5 мас.% так же виден рост от 25% до 53% и для 2 мас.% добавки от 63% до 97% от исходного. Наполнитель в виде лавсана образует гомогенный композит с полиимидом, повышая его механические свойства.

А облучение дозой 250 кГр также ведет к увеличению пластичности для композиций: 2 мас.% и 5 мас.% лавсана в 4.9 раза и прочности в 1,9 раз по сравнению с облученным чистым полиимидом. Это обусловлено тем, что при дозе облучения до 100 кГр происходят процессы деструкции в лавсане и разворачивание глобул в матрице полиимида. Облучение дозой 250 кГр вызывает заметное увеличение пластических свойств композита в 4.9 раза и увеличение прочности в 1,9 раза, что связано с тем, что преобладают процессы сшивания и образование водородных связей между компонентами.

Далее были измерены ИК-спектры, полученные на спектрометре NICOLET 5700. Наиболее информативные линии лежат в интервале  $500 - 1100$   $\text{см}^{-1}$  и  $1700-3500$   $\text{см}^{-1}$ .

На рисунках 4-7 приведены ИК-спектры для необлученных и облученных электронами ( $D = 100$  кГр) полимерных композиций ПИ +ПЭТФ.



**Рис. 4.** ИК-спектр необлученной полиимидной пленки

Для композиции с полиэтилентерефталатом спектральный анализ показал, что 5 мас.% содержание ПЭТФ в полиимиде с ростом дозы облучения уменьшает интенсивность спектра в 2 - 4 раза и размывает ширину полос. Характерно, что воздействие электронного облучения дозой  $D = 100$  кГр на композицию с 0,5 мас.% добавкой второго компонента увеличивает интенсивность в 1,5 раза, а электронное облучение  $D = 250$  кГр уменьшает ее в 1,5 раза. Для 5 мас.% добавки наблюдается обратная картина, т.е. при 100 кГр идет уменьшение интенсивности в 4 раза, а при 250 – в 2 раза.

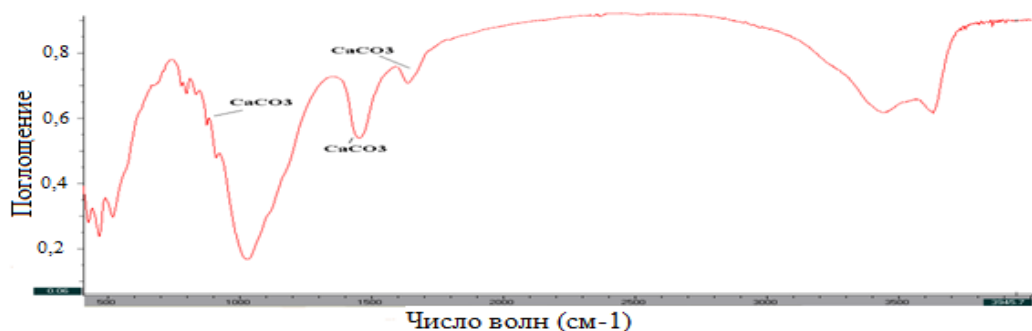


Рис. 5. ИК-спектр необлученной полиэтилентерефталатной пленки

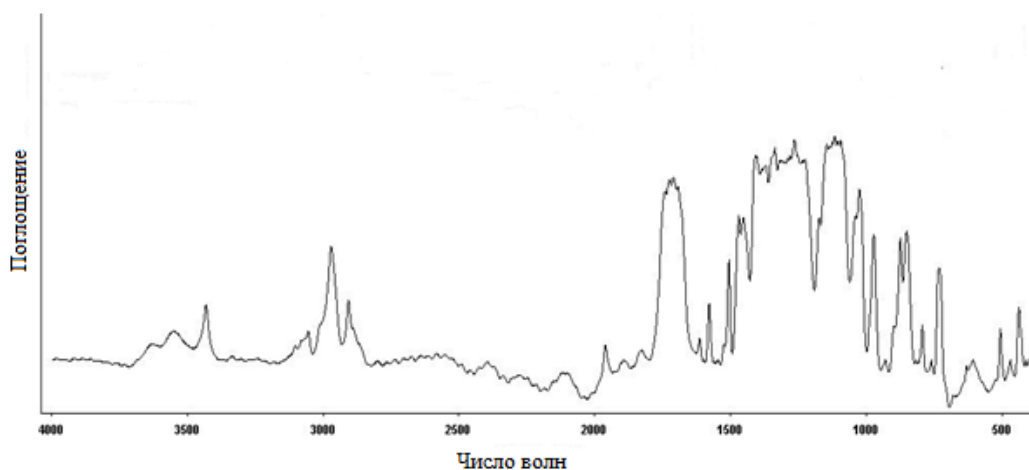


Рис. 6. Спектры поглощения чистого монтмориллонита

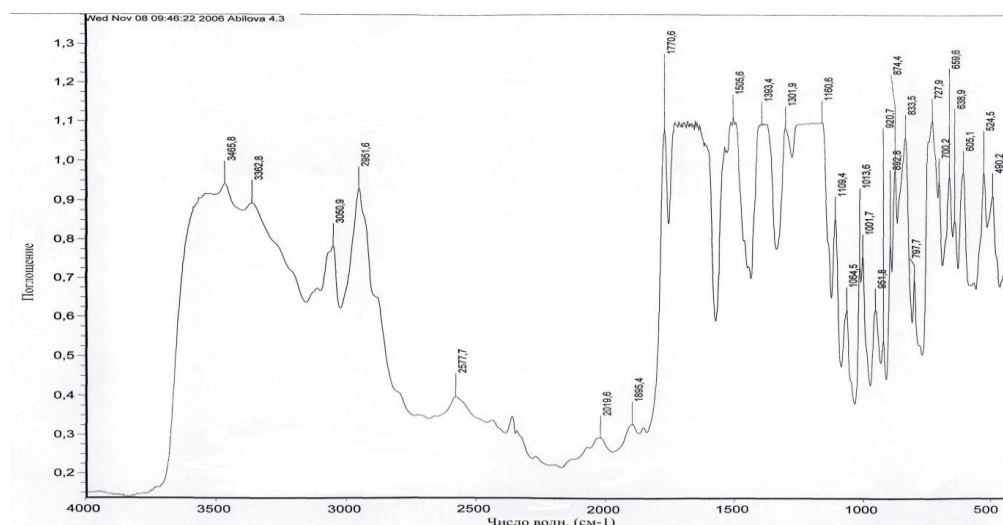
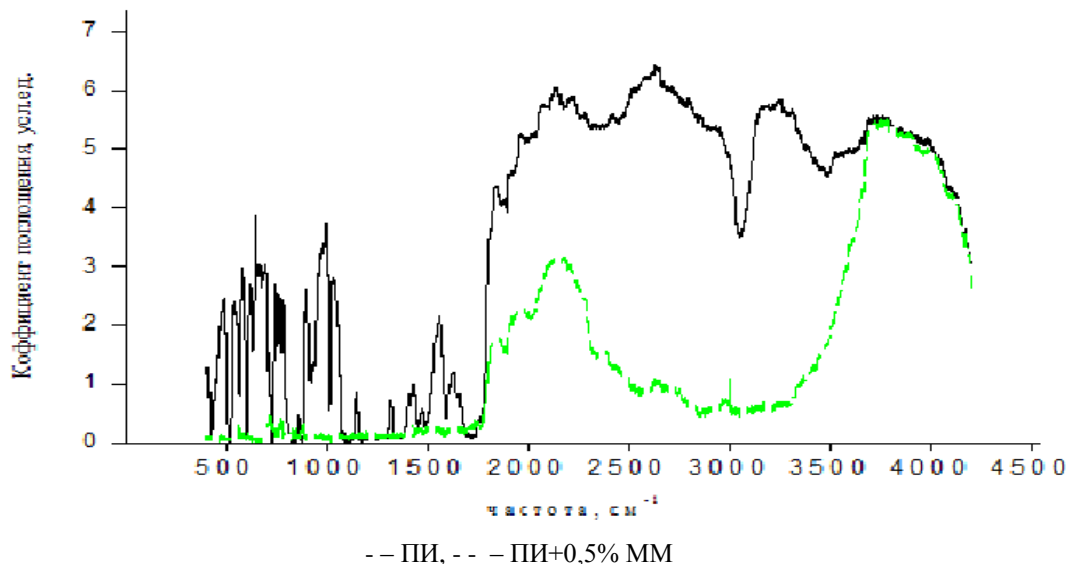


Рис. 7. ИК-спектр облученной полимерной композиции полиимида с 0,5% полиэтилентерефталата ( $D = 100$  кГр)

На рисунке 8 приведены ИК спектры для необлученной полимерной композиций ПИ +ММ.

В области частот 400–1760  $\text{см}^{-1}$  пики, характерные для полиимида, присущи для полимерной композиции с монтмориллоном, но амплитуда сигнала для концентраций 0,5 мас.% очень мала и варьируется в пределах от 0,1 до 0,3. Конфигурации данных пиков относятся к связям –СН ( $\text{RCH=CHR}$ ,  $\text{R}_2\text{C=CH}_2$ ,  $\text{R}-\text{CH=CH}_2$ ), –С–О(вторичные алкогольные группы),  $\text{C}-\text{N}$ ,  $-\overset{|}{\text{N}}-\text{H}$  (аминокислоты и ассоциированные группы  $=\text{N}-\text{H}$ ,  $-\text{NH}_2$ ),  $-\overset{|}{\text{C}}=\overset{|}{\text{C}}-$  (ароматические группы),  $-\text{C}\equiv\text{C}-$  (алкины),  $-\text{OH}$  (карбоксильные группы) и др.



— ПИ, - - - ПИ+0,5% ММ  
Рис. 8. ИК-спектр необлученной полимерной композиции ПИ с монтмориллоном

С увеличением концентрации второго компонента в интервале частот 1800-3400  $\text{см}^{-1}$ , характерных для алкинов и ассоциированных групп  $=\text{N}-\text{H}$ ,  $-\text{NH}_2$ , коэффициент поглощения уменьшается в 2 - 5 раз, что свидетельствует об уменьшении концентрации радикалов. Такое поведение скорее всего связано со структурой самого монтмориллонита. В области частот от 3550 - 4300  $\text{см}^{-1}$  проявляются свойства самого полиимида.

#### Выводы

Исходя из полученных результатов можно сделать заключение о существенном влиянии добавок второго компонента на физико-механические свойства полимерных композиций на основе полиимида.

Добавление полиэтилентерефталата приводит к изменению морфологии полимерных пленок, что и ведет к увеличению прочности необлученных композитов.

Увеличение содержания (ММ) от 0,5 до 1 % приводит к незначительному росту пластичности и уменьшению прочности у необлученных полимерных пленок, а содержания полиэтилентерефталата в полимерной композиции до 5% - к росту пластичности и прочности.

Электронное облучение улучшает механические свойства полимерной композиции с добавкой 0,5% полиэтилентерефталата по сравнению 0,5% добавкой монтмориллонита.

Подобное поведение данных материалов связано с усиливающимся эффектом роста отношения длины жесткоцепного сегмента к его сечению, ростом количества дефектов в элементах, характерных для обычного материала, высокой адгезией на границе между матрицей и волокном, высокой разрывной и ударной прочностью и т.д. При этом имеет место синергетический эффект не только в механических, но и в тепловых свойствах полимерных композиций.



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Техническая поддержка изделия: [www.instron.com](http://www.instron.com).  
[2] Лучинин В.В., Голоудина С.И., Пвсюта В.М и др. Формирование полиимидных мембран на металлической матрице методом Ленгмюра-Блоджетт // Журн. техн. физики.-2005.-Т. 31, вып. 8.-С. 57-61.  
[3] Русанов А.Л., Стадник Т.А., Мюллен К. Новые конденсационные полимеры с низкой диэлектрической проницаемостью // Успехи химии.-1999.-Т. 68, вып. 8.-С. 760-772.  
[4] Лушейкин Г.А., Сурова В.В., Воробьев В.Д. и др. Диэлектрическая релаксация в полимерных пленках // Высокомолек. соед.-1989.-Т. Б 29.- № 2.-С. 159-162.  
[5] Г.А. Дискант, С.К. Заманова, А.И. Купчишин, Г.Е. Колесов, А.Д. Мурадов. Компьютерная система управления экспериментом, сбора и обработки данных// Вестник Казахского национального университета им. аль-Фараби. Серия физическая 2005. - № 2(20). - С. 75-79.

Мурадов А.Д., Сандыбаев Е.Е.

**Композиционды полиимидті қабықшаларға түрлі толықтырғыштар енгізу мен электрондармен сәулелендіру арқылы механикалық қасиеттерінің өзгерту**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста электрандармен сәулелендірілген әр түрлі толықтырғыш енгізілген полиимидті полимерлі композитті пленкалардың (ПИ) физикалық және механикалық қасиеттері зерттелді. Зерттеу объектісі қалыңдығы  $d = 35$  мкм болатын полиимид пленкалары мен оның монтмориллонит (ММ) және полиэтилентерефталатпен (ПЭТФ) гомогенді композиттері болды. Полиэтилентерефталатты енгізу полимер пленканың морфологиясының өзгерісіне, яғни сәулелендірілмеген композиттердің беріктігінің артуына әкеледі. ММ мөлшерін 0,5 -тен 1 %-ға дейін арттыру сәулелендірілмеген полимер қабықшалардың беріктігінің төмендеуі мен аққыштығының өсуіне әкеледі, ал полимердегі полиэтилентерефталат мөлшерін 5 % -ға арттыру аққыштық пен беріктіктің артуына әкеледі. Электрондармен сәулелендіру 0,5% мөлшердегі монтмориллонитпен толықтырылған полимерлі композиционды материалдан гөрі 0,5% мөлшердегі полиэтилентерефталатпен толықтырылған материалдың механикалық қасиеттерін жақсартады.

**Кілтті сөздер:** полиимид, композит, толықтырғыш, монтмориллонит, полиэтилентерефталат, электронды сәулелендіру, механикалық қасиеттері.

Muradov A.D., Sandybayev E.E.

**Features of the change in the mechanical properties of composite polyimide films as a result of the introduction of various fillers and the effect of electron irradiation**

**Summary.** In this paper, the physical and mechanical properties of electron irradiated polyimide polymer composite films with various additives were studied.

The objects of investigation were polyimide films (PI) of thickness  $d = 35$   $\mu\text{m}$  and its homogeneous compositions with montmorillonite (MM) and polyethylene terephthalate (PET). It is seen, addition of polyethylene terephthalate leads to change of morphology of polymeric films that leads to increase in durability of unirradiated composites. An increase in the content (MM) from 0.5 to 1% leads to a slight increase in ductility and a decrease in strength in unirradiated polymeric films, and the content of polyethylene terephthalate in the polymer composition up to 5% - to the growth of ductility and strength. Electronic radiation improves mechanical characteristics of polymeric composition with addition of 0,5% of polyethylene terephthalate in comparison with 0,5% by montmorillonite addition.

**Key words:** polyimide, composite material, filler, montmorillonite, polyethylene terephthalate, electron irradiation, mechanical properties

УДК 614.843(088.8); 697(075.8)

**А.А. Генбач, С.Э. Рахимжанова**

(Алматинский университет энергетики и связи,  
Алматы, Республика Казахстан, e-mail: [salika\\_r@mail.ru](mailto:salika_r@mail.ru))

**РАЗРАБОТКА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ПЫЛЕГАЗОУЛОВИТЕЛЯ  
С ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ПАРО(ВОЗДУХО)-ГЕНЕРИРУЮЩИМИ  
И ГАСЯЩИМИ СТРУКТУРАМИ**

**Аннотация.** Произведена разработка и исследование капиллярно-пористого пылегазоуловителя с высокоинтенсивными паро(воздухо)-генерирующими и гасящими структурами. Обработка опытных данных по чистым жидкостям и пенным потокам с помощью критериального уравнения подобия показана на хорошее совпадение. Турбулизация многофазного кипящего пенного потока, содержащего микроскопические пылинки, произведена в пеногенерирующих (0,4x0,55) и пеногасящих (0,55x0,4x0,14) капиллярно-пористых структурах. Расход пенообразователя в бесфорсуночном пылеуловителе сокращается в 1,5 раза, гидравлическое сопротивление – в 2,5 раза, а газодинамическое – в 1,1 раза. Улавливание микроскопических пылинок достигает степени (99,6...99,8)%.

**Ключевые слова:** капиллярно-пористый пылегазоуловитель, критериальное уравнение, пеногенерирующие и пеногасящие капиллярно-пористые структуры.

На основе многочисленных целенаправленных экспериментов по кипению чистых жидкостей в капиллярно-пористых структурах [1-5] определилась новая область применения [6] многофазных кипящих потоков для совместного процесса генерации пены, содержащей микро-и ультрамикроскопические частицы, а также ядовитые газовые компоненты [7-13]. Обработка опытных данных с помощью критериального уравнения [7] показала на хорошее совпадение ( $\pm 20\%$ ).

Двухфазные потоки находят широкое применение в различных областях народного хозяйства. Они позволяют существенно интенсифицировать различные процессы в установках. Например, с помощью пароводяных потоков реализуется перенос мощных тепловых потоков в системах охлаждения энергооборудования, в котельных установках и различных теплообменных аппаратах [1-7]. Эффективны оказались потоки газо(паро)-механической пены, как разновидность двухфазных систем, генерируемых в пористых структурах, для тушения пожаров, пылеподавления и пылеулавливания, очистки сточных вод и вредных газообразных смесей [8-13].

Научной проблемой изучения двухфазных систем является дальнейшая форсировка протекающих в них процессов. Проведем критический анализ вопросов генерации двухфазных пенных потоков и процессов пылегазоулавливания.

Для расчётов пеногенераторов и раскрытия механизма возникновения, развития и гибели пены необходимо знать параметры ядовитого газа, пыли и пены. Обзор по основным характеристикам пыли и воздушно-механической пены приведен в [6,10,14,15]. Представляет интерес описать качественную сторону механизма процесс пузырьобразования, что позволит конструктивно разработать устройство для генерации воздушно-механической пены и провести расчет гидродинамической устойчивости его работы.

Пенный метод борьбы с пылеобразованием по сравнению с известными методами имеет ряд преимуществ: высокая эффективность, достигающая до 95% и более, высокая смачиваемость пыли, снижение вторичного пылеобразования, большая площадь контакта пены с разрушенной массой.

Для пылеподавления с высокой эффективностью рекомендуется смачиватель ДБ (2%-раствор) с добавкой полиакриламида (0,2%), а также сульфанол, препарат ДС-РАС, ОП-7, а в качестве добавок – карбоксиметилцеллюлоза, поливиниловый спирт.

Кроме того, на производстве в случае необходимости целесообразно использовать огнегасящие свойства пен, которые обусловлены охлаждающим действием воды и изоляцией источника огня от кислорода воздуха [14]. Важнейшее достоинство пен заключается в их малой плотности, что позволяет применять пены для тушения горячих органических жидкостей. Высокая стабильность и плавучесть пены на поверхности органических жидкостей выгодно отличает ее от воды. Пены, применяемые для тушения пожаров, должны обладать большой структурно-механической прочностью к тепловому воздействию, хорошей растекаемостью по твердым и жидким поверхностям. Поэтому не каждое пенообразующее вещество может быть использовано для получения противопожарных пен.

Процесс пенообразования сложен из-за различных физико-химических и технических факторов. Наличие большого числа параметров, влияние которых не всегда можно учесть, исключает возможность строго математического описания протекающих процессов.

Выделим несколько “парадных” показателей, которыми можно охарактеризовать свойства пены: кратность; стабильность; дисперсность; прочность жидкостной пленки. Для теоретического расчета этих величин необходимо учесть следующие особенности процесса: конструктивное оформление аппарата и, прежде всего, влияние геометрических симплексов на интенсивность протекающих процессов тепло- и массопереноса; поведение поверхностно-активного вещества в данном растворителе, его концентрацию, наличие примесей, которые могут повлиять на теплофизические и электромагнитные свойства раствора (поверхностное натяжение, вязкость, проводимость, плотность и многое другое); внешние условия: температура, давление и влажность воздуха, наличие пыли, ее свойства. Даже столь короткое перечисление показывает, что решение системы дифференциальных уравнений для выявления основных свойств пены может принести пользу лишь для весьма ограниченных условий с точностью до эмпирических констант. Поэтому нами проведены экспериментальные исследования [2,3,5,7].

Представляет интерес совместное рассмотрение вопросов генерации пены и пылеподавления. Одним из первых способов очистки воздуха от пыли с помощью пены можно считать а.с. № 328252, 1972, в котором предлагается в воду добавлять пенообразующее вещество (ПО-1 в количестве 3-5%).

Раствор распыляют с помощью сжатого воздуха генератором-распылителем отдельными пузырьками, которым сообщают электрический заряд путем подачи высокого напряжения на сопла распылителя. Получается облако электростатически заряженных пузырьков, которые используют в качестве завесы на пути движения запыленного воздуха.

Поскольку поверхность пузырьков с размерами около  $\sim 1 \cdot 10^{-3}$  м в сотни раз больше, чем поверхность капель такой же массы, то пузырьки пены способны нести на себе во столько же раз больший электрический заряд. Поскольку скорость осаждения пузырьков газа в 5-10 раз меньше, чем капель, то следует ожидать большее влияние электростатических сил на степень очистки пыли пеной.

Однако в рассмотренном способе очистки не рассматриваются возможные конструктивные и режимные параметры, которые бы способствовали повышению эффективности очистки газов от пыли, а электрические поля серьезно усложняют эксплуатацию оборудования.

Генерацию пены можно осуществить с помощью диспергирования воздушного потока перфорированной вставкой и его последующим барботированием в пенообразующей жидкости [а.с. №П5374, 1970].

Однако такой способ имеет существенный недостаток: пена образуется с крупным размером пузырьков  $((5-10) \cdot 10^{-3})$  м и стойкость ее будет невысокой.

Известным улучшением рассмотренного способа может быть диспергирование потока воздуха в слое фильтрующего пористого материала /Патент ПНР 66260, 1972/ с последующим барботированием в пенообразующей жидкости. Но и этот способ не содержит оптимальных пределов скорости воздуха в слое пористого материала, что может привести к образованию крупных пузырей пены и снижению ее стойкости.

В а.с. №630432, 1978 на основе эксперимента оптимизирована скорость воздуха, просасываемого через слой фильтрующего пористого материала, которая составила  $(0,2 \div 20) \cdot 10^{-2}$  м/с. Это позволило получить мелкодисперсную пену без дополнительных затрат на ее измельчение. Данный способ может быть осуществлен в пеногенераторе, заполненном пенообразующей жидкостью с концентрацией поверхностно-активных веществ (ПАВ)  $(0,5 \div 1)\%$  по объему.

В качестве фильтрующего пористого материала может быть использован поролон. Выходящий из поролона воздух представляет тончайшие турбулизованные струйки, которые распадаются на мелкие пузырьки, размером  $(0,2-1) \cdot 10^{-3}$  м. Пузырьки воздуха барботируют в пенообразующей жидкости и выносят с ее поверхности пенный поток, который может быть направлен на пылеподавление при переработке, либо транспортировке пылящего сыпучего материала.

Существенным недостатком описанного способа образования пены, на наш взгляд, является низкая производительность пеногенератора, связанная с установленным жестким пределом изменения скорости фильтрации воздушного потока. Другим недостатком является большое гидравлическое сопротивление по проходу воздуха и образующейся пены.

Таким образом, необходимо дальнейшее исследование по образованию мелкодисперсной пены большой производительности с малым гидравлическим сопротивлением.

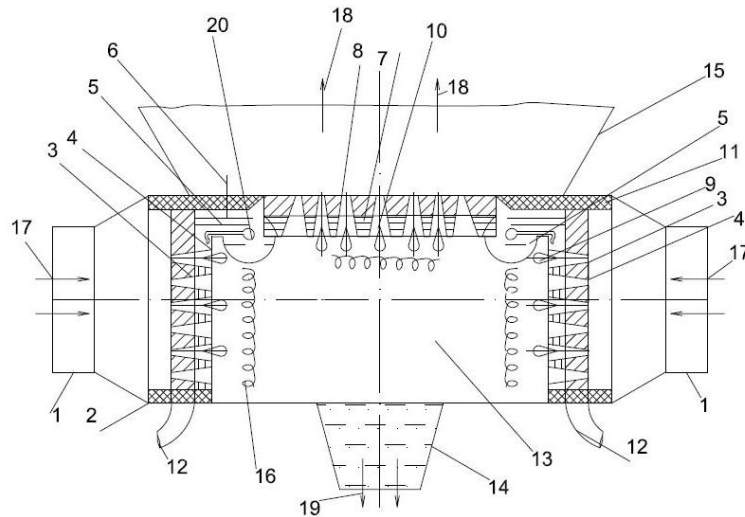
Эффективность пылеподавления в потоке воздуха может быть повышена, если подвергнуть такой поток электрической обработке. В а.с. №623583, 1978 предлагается способ воздействия электрическим полем на запыленный воздушный поток. Вначале производится разделение потока на два и зарядка каждого из них разноименными зарядами, а затем эти потоки соединяют, и частицы пыли активно притягиваются друг к другу.

Аналогичный способ электрической обработки пылевых частиц в воздухе рассмотрен в а.с. №259019, 1969. Повышение эффективности улавливания пыли достигается за счет электрической коагуляции аэрозоля. Предлагается осуществлять процесс электризации частиц в шахтах. Поток разделяется на части, каждую из которых заряжают разноименно и направляют навстречу друг другу. В зоне ударной встречи струи происходит наибольшее сближение противоположно заряженных частиц, в результате чего осуществляется их притяжение и коагуляция.

Однако электризация потока производится под высоким напряжением, представляет собой сложную систему, требующую повышенную технику безопасности оборудования, сопел и форсунок.

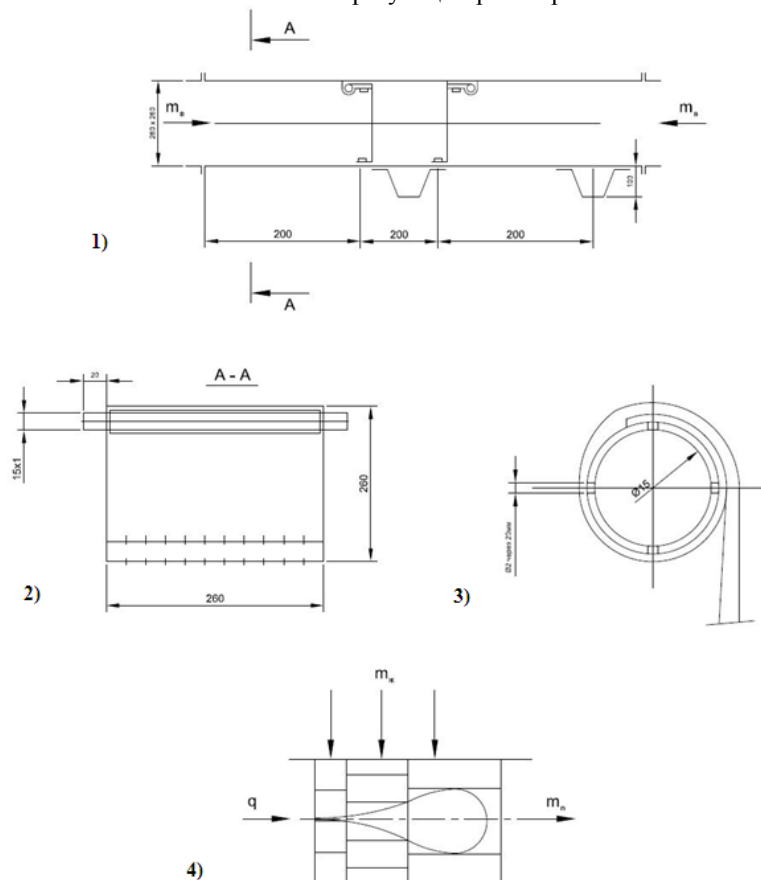
Предлагается принципиально новый бесфорсуночный капиллярно-пористый пылеуловитель, в котором используется ток низкого и безопасного электрического напряжения (2,5 В или 5 В), предназначенный для турбулизации многофазного пыле-пенного потока с помощью пеногенерирующих и пеногасящих капиллярно-пористых структур (рис.1.).

Экспериментальные исследования проводились на установке, показанной на рисунке 2.



**Рис.1.** Капиллярно-пористый пылегазоуловитель

1 – патрубки входа запылённого и загазованного газового потока; 2 – корпус; 3 – перфорированные электропроводящие пластины; 4 – пеногенерирующие капиллярно-пористые структуры вида 0,4x0,55; 5 – распылители пенообразующего раствора, выполненные в виде трубчатого кольца с щелью по образующей; 6 – болты; 7 – пеногасящая капиллярно-пористая структура вида 0,55x0,4x0,14; 8- перфорированная электропроводящая пластина; 9- пузыри выдуваемые; 10 – пузыри схлопывающиеся; 11 – теплоэлектроизолирующие прокладки; 12 – электроды; 13- камера смешения; 14 – шламосборник; 15 – выходной патрубок; 16 – паро-газомеханическая пена; 17 – запылённый и загазованный поток; 18 – очищенный поток; 19 – шлам; 20 – пенообразующий раствор.



**Рис. 2.** Экспериментальная установка по исследованию процессов генерации пены:

1) пеногенератор; 2) распылитель; 3) соединение капиллярно-пористой структуры; 4) динамика пузыря в структуре.

Эксперименты показали [8], что изменяя параметры электрического тока малого напряжения, подводимого электродом 12, улучшается процесс регулирования режима работы пылеуловителя и при номинальном режиме сохраняется в 1,5 раза расход пенообразователя. Уменьшается масса установки в 2,5 раза.

Происходит высокоэффективное улавливание микроскопических пылинок до степени (99,6...99,8%). Гидравлическое сопротивление уменьшается в 2,5 раза и в 1,1 раза – газодинамическое.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Polyayev V., Genbach A.N., Genbach A.A., Methods of Monitoring Energy Processes // Experimental thermal and fluid science, International of Thermodynamics, Experimental Heat Transfer, and Fluid Mechanics. Avenue of the Americas.-New York, 1995. V.10. April.-P.273-286.

[2] Поляев В.М., Генбач А.А. Плотность центров парообразования и выброс капель из пористой структуры // Известия вузов. Машиностроение.-1990. №9.-С.50-55.

[3] Поляев В.М., Генбач А.А. Отрывной диаметр и частота отрыва паровых пузырей в пористых структурах // Вестник МГТУ, серия Машиностроение.-1990.№ 1.-С.69-72.

[4] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Визуализация процессов в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение.-1991.№10-12.-С.75-80.

[5] Поляев В.М., Генбач А.А. Скорость роста паровых пузырей в пористых структурах // Известия вузов. Машиностроение.-1990. №10.-С.56-61.

[6] Поляев В.М., Генбач А.А. Область применения пористой системы // Известия вузов. Машиностроение.-1990. №12.-С. 97-101.

[7] Polyayev V., Genbach A.A. Heat transfer in a Porous System in the Presence of Both Capillary and Gravity Forces // Thermal Engineering.-M., 1993.V.40, number 7.-p.551-554.

[8] Генбач А.А., Шоколаков К. Пористый пенный пылеуловитель // Поиск.- МОН РК.- Алматы.-№2.-2011.-С.266-271.

[9] Генбач А.А., Кульбакина Н.В. Пылеулавливание. Пеногенератор с проницаемой перегородкой // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана.-№5.-2011.-С.85-87.

[10] Генбач А.А., Генбач Н.А. Пути получения требуемой информации при разработке капиллярно-пористых систем энергоустановок // Вестник АУЭС.-Алматы.-№2(21).-2013.-С.12-18.

[11] Генбач А.А., Генбач Н.А. Исследование пеногенератора с обогреваемой поверхностью // Вестник АУЭС.-Алматы.-№4.-2009.-С.24-27.

[12] Генбач А.А., Пионтковский М.С. Пористый пылегазоуловитель с управляемой геометрией микроканалов // Энергетика и топливные ресурсы Казахстана.-2010.№7.-С.59-61.

[13] Поляев В.М., Генбач А.А., Минашкин Д.В. Процессы в пористом эллиптическом теплообменнике // Известия вузов. Машиностроение.-1991.-№4-6.-С.73-77.

[14] Роменский Л.П. Пена как средство борьбы с пылью.-Киев: Наукова думка, 1976.-162с.

[15] Справочник по борьбе с пылью в горнодобывающей промышленности / Под ред. А.С. Кузьмича.- М.: Недра, 1982.

Генбач А.А., Рахимжанова С.Э.

**Жоғары қарқынды бу (ауамен) - генерациялау және тоттықтыру конструкцияларымен капиллярлы кеуекті шаң мен газды тұзақ әзірлеу**

**Түйіндеме.** Жоғары қарқынды бумен (ауамен) генерациятын және тоттануға ұшырайтын құрылымдарымен капиллярлық-кеуекті шаң мен газдың тұзақшасы капиллярлық-кеуекті шаң мен газдың тұзақшасы даму және зерттеу жұмыстары жүргізілді. Жақсы келісу үшін критерий ұқсастығы теңдеуін пайдаланып таза сұйықтықтар мен көбік ағындары туралы эксперименттік деректерді өңдеу көрсетілген. Критериалды ұқсастығы теңдеуін қолдана отырып таза сұйықтық пен көбік ағындары бойынша эксперименттік деректерді өңдеу жақсы сәйкестік үшін көрсетілген. Микроскопиялық шаң бөлшектері бар көпфазалы қайнау көбік ағындарын турбулендеу көбік түзетін (0,4 x 0,55) және сөндіру көбігі (0,55 x 0,4 x 0,14) капиллярлы кеуекті құрылымдарда жасалды. Шаш жинағышта көбік агентін тұтыну 1,5 есе, гидравликалық кедергісі 2,5 есе, газ динамикасы 1,1 есеге азайды. Микроскопиялық шаң бөлшектерін жинау дәрежесі (99,6 ... 99,8)% -ға жетеді.

**Түйінді сөздер:** капиллярлы-кеуекті шаң мен газды тұзақ, критерийлік теңдеу, көбік түзетін және сөндіру көбігі капиллярлы-кеуекті құрылымдар.

Genbach A.A., Rakhimzhanova S.E.

**Development of a capillary-porous dust and gas trap with high-intensity steam (air) -generating and quenching structures**

**Summary.** Research and development of capillary-porous gas and dust collector with extremely intensive steam (air) - generating and quenching structures produced. Processing of experimental data on pure liquid and foam flows

using the similarity criterion equation is shown in good agreement. Turbulization multiphase flow boiling foam containing microscopic dust particles, produced in foam generating(0,4x0,55) and defoaming (0,55h0,4h0,14) capillary-porous structures. Consumption of foaming agent in without nozzles dust collector is reduced by 1.5 times, the hydraulic resistance - in 2,5 times, and gas-dynamic - in 1,1 times. Capture microscopic dust particles reaches the level (99.6 ... 99.8)%.

**Key words:** capillary-porous dust and gas collector, criterial equation, foam-generating and defoaming capillary-porous structures.

УДК 635(813)750

**Л.С. Нурабаева**

(Таразский государственный педагогический институт,

Тараз, Республика Казахстан,

E-mail: [www.lyazzat2781@mail.ru](mailto:www.lyazzat2781@mail.ru))

## **ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НАСЕЛЕНИЯ**

**Аннотация:** Экологическое воспитание предполагает раскрытие сущности мира природы – среды обитания человека, которая должна быть заинтересована в сохранении целостности, чистоты, гармонии в природе. Это предполагает умение осмысливать экологические явления, делать выводы о состоянии природы, разумно взаимодействовать с ней. Эстетическая красота природы способствует формированию нравственных чувств долга, и ответственности за ее сохранение побуждает к природоохранной деятельности. Осуществляется она на всех этапах обучения в школе, каждому из которых, учитывая возрастные особенности школьников, присущи определенная цель, задачи, методика.

**Ключевые слова:** экологическое образование, экологическая культура, экологическое воспитание.

Взаимодействие природы и культуры осуществляет человек. Именно он «разворачивает» пространство культуры в природе, преобразуя ее, используя ее ресурсы для удовлетворения собственных потребностей. И именно культура данного человека определяет характер и содержание этого взаимодействия, которая на современном этапе развития общества, привела к возникновению экологического кризиса. Культуру, ставшую причиной экологического кризиса, исследователи характеризуют общим духовным оскудением, преобладанием сознания потребителя, эгоизма, отчуждения человека от природы, людей друг от друга. Сложившаяся ситуация, до некоторой степени, объясняется преобладанием в сознании людей убеждения о возможностях природы переносить любые действия человека. Но с другой стороны, именно культура выступает той характеристикой общественного развития, которая позволяет человеку оставаться человеком, организовывать свою деятельность не противопоставляя ее результатам природе и не сокращая жизненное пространство как рядом живущих людей и животных, так и тех, кто будет населять нашу Землю в будущем.

Современному обществу требуются молодые люди, умеющие принимать самостоятельные решения, инициативные, отвечающие за свою деятельность. Традиционная методика обучения не позволяет выполнить этот социальный заказ. При организации учебно-воспитательной работы часто возникают следующие противоречия:

- между стремлением учащихся к самостоятельности и неумением организовать свою учебно-воспитательную деятельность;
- между потребностью школьников быть активным участником учебного процесса и четко регламентированными взаимоотношениями ученик-учитель;
- между несоответствием форм и методов организации учебно-воспитательного процесса и учебным возможностям и потребностям учащихся;
- между возрастающим объемом полученной информации, которая отражена в учебных предметах, и перегрузкой учащихся.

Поиск решения данных проблем заставил меня изменить подход к своей педагогической деятельности. Позитивные изменения, происходящие в образовании, поставили перед школой воспитать личность, владеющую способами и средствами сохранения общества и общественных отношений, транспортирующую образы культурных взаимодействий во всем многообразии социальных отношений с людьми, с окружающим миром, природой. Это предполагает построение такого образователь-



ного пространства на уроке и во внеклассной работе, в котором каждый ученик школы сможет самореализоваться, найти себя в деле, прочувствовать, прожить в школе «ситуацию успеха» в решении учебных проблем [1].

Поиски способов совершенствования образовательных моделей в различных направлениях и для достижения новых целей привели к постановке следующих задач:

- изучение и внедрение современных технологий в преподавании предмета;
- создание условий для развития творческой деятельности школьника и формирование устойчивого интереса к предмету;
- формирование и развитие поисково-исследовательских навыков и умений обучающегося индивида, ориентированных на применение имеющихся знаний и приобретение новых;
- создание ситуации успеха с целью формирования адекватной самооценки;
- развития новых навыков общения через интерактивные методы преподавания.

Реализации этих задач способствует и введение в государственных образовательных стандартов второго поколения в учебно-образовательную деятельность школы. На основании общего положения устанавливаются требования к результатам освоения основной образовательной программы. К числу планируемых результатов освоения основной образовательной программы отнесены:

- личностные результаты — готовность и способность обучающихся к саморазвитию, сформированность мотивации к учению и познанию, ценностно-смысловые установки учащихся;
- метапредметные результаты — освоение обучающимися универсальных учебных действий (познавательные, регулятивные и коммуникативные);
- предметные результаты — освоение обучающимися в ходе изучения учебных предметов опыта специфической для каждой предметной области деятельности по получению нового знания, его преобразованию и применению, а также системой основополагающих элементов научного знания, лежащей в основе современной научной картины мира [2].

Воспитание ценностного отношения к природе, окружающей среде (экологическое воспитание):

- развитие интереса к природе, природным явлениям и формам жизни, понимание активной роли человека в природе;
- ценностное отношение к природе и всем формам жизни;
- элементарный опыт природоохранительной деятельности;
- бережное отношение к растениям и животным.

Для решения целей и задач экологического воспитания, ценностного отношения к природе, окружающей среде я выбрала направления:

- усвоение элементарных представлений об экокультурных ценностях, о традициях этического отношения к природе в культуре народов России, других стран, нормах экологической этики, об экологически грамотном взаимодействии человека с природой (в ходе изучения инвариантных и вариативных учебных дисциплин, бесед, просмотра учебных фильмов);
- получение опыта эмоционально-чувственного непосредственного взаимодействия с природой, экологически грамотного поведения в природе (в ходе экскурсий, прогулок, туристических походов и путешествий по родному краю);
- получение опыта участия в природоохранительной деятельности (в школе и на пришкольном участке, экологические акции, десанты, высадка растений, создание цветочных клумб, очистка доступных территорий от мусора, подкормка птиц и т. д.), в деятельности школьных экологических центров; участие в создании и реализации коллективных природоохранных проектов;
- активное участие в деятельности детско-юношеских общественных экологических организаций;
- усвоение в семье позитивных образцов взаимодействия с природой при поддержке родителей, расширение опыта общения с природой, заботы о животных и растениях, участие вместе с родителями в природоохранной деятельности [3].

Для решения целей и задач экологического воспитания, ценностного отношения к природе, окружающей среде я выбрала направления:

- использование ИКТ на уроках биологии и географии;
- исследовательский метод как эффективный путь совершенствования экологического образования.

В экологическом воспитании особое значение приобретают предметы естественно-географического цикла. Биология и география раскрывают детям мир растений, животных, среду, что их окружает. Физика и химия формируют комплекс политехнических знаний, научные основы и

принципы современного производства. История, правоповедение показывают недопустимости варварского отношения к природе. Предметы эстетического цикла раскрывают эстетическую сущность природы, ее неповторимую красоту, влияние на человека. Важную роль в формировании экологического сознания играет привлечение учащихся к природоохранной деятельности (школьные лесничества, садоводства, работа в охотничьих хозяйствах и др.). Работа санитарных отрядов защиты окружающей среды (выявляют степень загрязнения воздуха, воды, зон отдыха), отрядов для борьбы с браконьерами (действуют при лесничествах и рыбоводческих), групп скорой помощи зверям и птицам в зимний период; уголки природы. С природоохранной работой связана туристско-краеведческая работа, направленная к познанию природы местного края и правилами поведения в местах отдыха, в лесах, на реках и т.д.

Эффективное экологическое воспитание школьников предусматривает:

- оптимизацию содержания непрерывного экологического образования всех возрастных групп школьников, освещения экологических вопросов в процессе изучения отдельных предметов, использование межпредметных связей;
- создание в школах надлежущей учебно-материальной базы (уголков охраны природы, живых уголков и др.);
- совершенствование форм и методов экологического воспитания, активное привлечение школьников к природоохранной деятельности;
- формирование мотивов ответственного отношения к природе, стремление глубже познать ее, приумножать ее богатства [4].

Результатом экологического воспитания должна быть сформирована экологическая культура человека, характеризующееся разносторонними глубокими знаниями об окружающей среде. Наличием наглядных ценностных ориентаций относительно природы, экологическим стилем мышления и ответственным отношением к природе и своему здоровью, приобретением умений и опыта решения экологических проблем (прежде всего на местном и локальном уровнях), непосредственном участии в природоохранной работе, предвидением возможных негативных последствий преобразовательной деятельности человека.

Экологическое воспитание детей дошкольного возраста необходимо строить на усвоении детьми системы знаний о природе, о связях, существующих в ней зависимостях. Детям следует дать знания о природе, формировать трудовые умения и навыки, воспитывать эмоциональную отзывчивость, любовь к природе, желание защитить и умножить её богатство.

***Основными задачами являются:***

1. Формировать экологическое сознание педагогов и всех сотрудников дошкольного учреждения.
2. Создать в детском саду благоприятные условия работы с детьми по экологическому образованию и воспитанию.
3. Совершенствовать воспитательно-образовательную работу через интеграцию всех видов деятельности.
4. Пропагандировать экологические знания, приобщать родителей к вопросам экологического воспитания детей в семье [3].

Экологическое воспитание детей в дошкольных учреждениях осуществляется при условиях:

- наличия базы, создание условий для работы по экологическому воспитанию (среды, атмосферы);
- использования самых разнообразных форм работы в решении задач экологического воспитания;
- взаимосвязи работы всех педагогов дошкольных учреждений;
- работе с родителями, так как без участия родителей невозможно заложить фундамент экологической культуры у детей дошкольного возраста [4].

Задача педагога – вырастить здорового ребёнка, знающего и защищающего природу, научить по-хозяйски распоряжаться её богатствами.

Экологическое воспитание дошкольников заключается в формировании элементов экологического сознания, экологически ориентированной деятельности и поведения в природной среде, нравственно-ценного опыта общения с природой, гуманного, осознанно правильного отношения к природе.

**Пути реализации:**

- разработка системы мероприятий с педагогами по повышению их образовательного уровня в организации инновационной деятельности;
- создание оптимальных условий для приобщения педагогов к переосмыслению содержания и методов своей работы в свете новых требований педагогики и психологии;
- обеспечение системности и логической структурности в организации методической работы по повышению профессиональных навыков и умений в педагогической деятельности.

**Особенности технологии:**

- преемственность лучших традиций отечественного и зарубежного опыта в обновлении содержания образовательного процесса;
- интегрированный подход введения педагогов в образовательный процесс;
- формирование у дошкольников активной жизненной позиции в познании окружающего мира через чувственно-эмоциональные реакции;
- активизация интеллектуально-познавательной деятельности и творческого самовыражения [5].

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Половкин А.А. Краеведение в системе воспитательной работы. – М. 2008.
- [2] Мамбетқазиев С.Қ. Табиғат қорғау. Алматы: Рауан, 2007.
- [3] Курманов М.К. Краеведческая работа учителя. – Алматы. 2005.
- [4] Қаженбаев С. Туған өлке – тұнған шежіре. – Алматы: Мектеп, 2010.
- [5] Сарыбеков Н.С. Воспитание любви к природе – Алматы: Мектеп, 2000.

Нурабаева Л.С.

**Халыққа экологиялық білім мен тәрбие беру**

**Түйіндеме:** Экологиялық тәрбие адамзаттың өмір сүру ортасы мен табиғат әлемін танудағы тұтастықты, тазалықты, үйлесімділікті сақтауды үйретеді. Бұл адамның табиғатты тиімді, ұқыпты пайдалануды және болашақ ұрпаққа таза күйінде қалдыруды көздейді. Табиғаттың эстетикалық сұлулығы оны қорғауды, байлығын сақтаудағы адамзаттың борышын міндеттейді. Қоршаған ортаны қорғау жұмыстары мектепте оқушыларға экология пәнін оқытудың барлық сатыларында және тәрбие жұмыстарында атқарылады.

**Түйін сөздер:** экологиялық білім, экологиялық тәрбие, экологиялық мәдениет

Nurabaeva L.S.

**Ecological education and ecological culture of the population**

**Summary:** The article is devoted to modern approaches of ecological bringing up preschoolers. It also considers pedagogical organization and technology of educational process. Methodology various approaches to this category definition are analyzed such as nature oriented, activity, personal, sustainable development positions approaches. Results the connection between a society ecological culture and the person ecological culture is described. Practical implications in organizing the development of ecological culture.

**Key words:** nature-oriented upbringing, ecological crisis, ecological upbringing, activity approach, ecological values, personal approach, the culture relationship to the nature, the culture relationship to a society, the self relation culture.

УДК 247(513)034

**Л.С. Нурабаева**

(Таразский государственный педагогический институт,  
Тараз, Республика Казахстан, E-mail: [www.lyazzat2781@mail.ru](mailto:www.lyazzat2781@mail.ru))

**ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ**

**Аннотация:** Проблемное обучения учащихся систематически включается учителем в проблемные ситуации. В ходе проблемного обучения учитель создает на уроках различные проблемные ситуации, организует учащихся для их анализа, обучает их решению проблем, формируя умения видеть противоречия. Решение проблемного вопроса или задания приводит учащихся к получению новых знаний.

Характерным признаком технологии проблемного обучения является самостоятельная познавательная деятельность учащихся. Эффективность проблемного обучения определяется его систематичностью. При пла-

нировании уроков учитель должен определить возможности темы и отдельных уроков для применения проблемного обучения и разработать пути осуществления проблемного подхода.

**Ключевые слова:** Проблемное обучение, проблемная ситуация, учебная проблема проблемные задания.

Проблемное обучение не является совершенно новой педагогической технологией. Его применяли практически на протяжении всего XX в. Это объясняется тем, что проблемность является одной из закономерностей познания, стимулирует поисковую деятельность ученика, развитие его творческого мышления. В последнее время проблемный подход вошел в состав прогрессивного поискового стиля обучения, стал характерной принадлежностью современного урока географии.

Проблемное обучение можно рассматривать с разных позиций: как новый тип обучения (М.Н. Скаткин, И.Я. Лернер); как метод обучения (Л.М. Панчешникова, В. Конь); как подход или принцип обучения (Г.А. Понурова, Т.В. Кузнецов); как новую дидактическую технологию (Г.Ю. Ксенозова, Н.Г. Савина). Общим для этих позиций является то, что в рамках проблемного обучения учащиеся систематически включаются учителем в проблемные ситуации и решение проблем.

Психологическими исследованиями доказано, что мышление возникает в проблемной ситуации и направлено на ее разрешение. Проблемная ситуация означает, что в процессе своей деятельности человек натолкнулся на что-то нештатное, неизвестное.

Основная цель педагогических технологий – организация взаимосвязанной деятельности учителя и учащихся с учетом принципа индивидуализации обучения, которая направлена на обеспечение планируемых результатов. Технология обучения предписывает учителю планировать виды и способы деятельности учащихся, предполагать их возможные затруднения, мыслительные ходы, планировать предполагаемые ответы на познавательные вопросы, т.е. видеть учебный материал глазами учащихся. Все это дает учителю возможность соотнести обучающие процедуры с возможным ходом учебной деятельности, т.е. построить сценарий учебного процесса.

Основными чертами педагогических технологий являются концептуальность, системность, управляемость, воспроизводимость и эффективность.

*Концептуальность.* Каждая педагогическая технология должна опираться на научную концепцию (включающую философское, психологическое, дидактическое и социально-педагогическое обоснование) и разрабатываться под конкретный педагогический замысел, в основе которого лежат ценностные ориентации и целевые установки авторского коллектива, имеющие формулу конкретного ожидаемого результата. Однако следует отметить, что по сравнению с традиционной методикой цели педагогических технологий более узконаправленные. Так, например, основная цель коммуникативно-диалоговой технологии – развитие коммуникативных качеств личности школьников. Именно этой генеральной цели подчиняется весь сценарий процесса обучения; остальные цели носят частный характер.

*Системность.* Любая технология представляет собой систему, состоящую из трех структурных блоков: 1) концептуальная основа; 2) содержательная часть (общие и частные цели обучения, содержание учебного материала, на котором строится технология); 3) процессуальная часть (организация учебного процесса, методы и формы учебной деятельности, деятельность учителя по управлению процессом обучения, диагностика учебного процесса). Структурные блоки педагогической технологии тесно взаимосвязаны и являются целостной системой. Если какой-либо из блоков отсутствует или недостаточно разработан, то проект нельзя считать доведенным до уровня педагогической технологии. В противном случае его внедрение в практику работы школы может привести к неожиданным, незапланированным результатам. [1,4]

*Управляемость.* Этот признак предполагает возможность планирования и проектирования учебного процесса, использования различных средств и методов для коррекции результатов обучения. Цепочка педагогических действий выстраивается четко в соответствии с поставленной целью обучения. При этом учебный материал разбивается на смысловые блоки, подлежащие усвоению. К каждому такому блоку также разрабатываются цели обучения, сформулированные через действия школьников (знать, понимать, анализировать). Диагностические процедуры являются неотъемлемой частью технологии, присутствуют на всех ее этапах и содержат показатели и инструментарий измерения результатов деятельности.

*Воспроизводимость.* Поэтапное и последовательное воплощение элементов педагогической технологии предусматривает возможность повторения обучающих процедур другими учителями в однотипных образовательных учреждениях.

*Эффективность.* Средства достижения целей педагогических технологий должны быть достаточно эффективными и гарантировать всем школьникам прочное усвоение базового уровня государственного образовательного стандарта. При этом технологии, применяемые на начальном этапе обучения, должны стыковаться с технологиями, применяемыми в средней и старшей школе.

Главными признаками технологий обучения являются: 1) четкая постановка перед учащимися учебных целей и задач, чтобы каждый из них осознал значимость изучаемого материала; 2) построение последовательной поэтапной процедуры достижения поставленных целей и задач с помощью определенных средств обучения, активных методов и форм организации учебной деятельности; 3) обучение по образцам (учебные тетради), выполнение учениками указаний учителя (приемов учебной работы, алгоритмов); 4) организация самостоятельной работы учащихся, направленной на решение проблем, учебных задач; 5) широкое применение различных форм тестовых заданий для проверки результатов обучения [1].

Таблица 1. Главные понятия проблемного обучения

Главные понятия проблемного обучения		
<b>Проблемная ситуация</b> – психологическое состояние интеллектуального затруднения, явно или смутно осознаваемое. Пути преодоления проблемной ситуации требует поиска новых знаний, новых способов деятельности.	<b>Учебная проблема</b> – элемент проблемной ситуации, который вызвал затруднение. Проблемная ситуация перерастает в учебную проблему, когда ученик осознает этот элемент и принимает его к решению.	
<b>Формы выражения проблемы</b> – отражение противоречия между имеющимися знаниями и известными способами действий, с одной стороны и требованиями задания – с другой.		
Проблемный вопрос	Проблемная задача	Проблемное задание

При наличии необходимой информации и осознания причины, вызвавшей затруднение, проблемная ситуация перерастает в проблему. Таким образом, главный элемент проблемной ситуации — неизвестное, новое, что должно быть открыто для правильного выполнения нужного действия.

Не всякая проблемная ситуация неизбежно побуждает мыслительную деятельность. Такая деятельность не возникнет, если у субъекта нет потребности в разрешении проблемной ситуации, а также исходных знаний, необходимых для начала поиска.

Движущей силой проблемного обучения является противоречие между объектом и субъектом познания. Оно выражается как противоречие между объективным требованием к раскрытию изучаемого явления и субъективным подходом ученика к нему. По М.И. Махмудову, это «диалектическое противоречие между прежними знаниями ученика и новыми фактами, явлениями, для объяснения которых прежних знаний недостаточно, нужны новые».

В ходе проблемного обучения учитель создает на уроках различные проблемные ситуации, организует учащихся для их анализа, обучает их решению проблем, формируя умения видеть противоречия, формулировать проблему. Решение проблемного вопроса или задания приводит учащихся к получению новых знаний.

Формы выражения учебных проблем могут быть различны (проблемные вопросы, задачи, задания), однако все они имеют общую особенность: в их содержании заложены потенциальные возможности для возникновения проблемных ситуаций.

Проблемное обучение, согласно положениям дидактики, может быть реализовано с помощью разных методов: проблемного изложения, частично-поискового или исследовательского.

Характерным признаком технологии проблемного обучения является самостоятельная познавательная деятельность учащихся. Однако умение самостоятельно решать проблемные ситуации необходимо формировать у учащихся постепенно, показывая примеры подобных решений.

В процессе выполнения проблемных заданий учащиеся овладевают опытом творческой деятельности. Однако для достижения ощутимых результатов обучения необходимо использовать систему таких заданий. В дидактике имеются разные подходы к построению проблемных заданий. В методике обучения географии нашел применение подход, разработанный И.Я. Лернером, где в качестве основы для построения системы проблемных заданий приняты следующие условия:

1) связь содержания вопроса или задания с ведущими идеями, понятиями и закономерностями географической науки;

2) возможность раскрытия путей решения проблемы через методы географического научного познания (в том числе и через реальные ситуации, имевшие место в истории науки);

3) связь с мировоззренческими идеями, самостоятельное усвоение которых в значительной степени обеспечивает умственное развитие учащихся;

4) возможность группировки учебного материала, в том числе и фактического, вокруг решения проблемы.

С учетом этих условий были разработаны системы проблемных заданий, апробированные в практике школы (Л.М. Панчешникова, Г.А. Понурова) [2].

Их использование является примером так называемого «традиционного» проблемного обучения в географии, т. е. решения проблем, заимствованных из науки и адаптированных к возможностям школьников.

В обучении географии используются следующие виды проблемных заданий: 1) задания, в основе содержания которых лежит научная гипотеза (например, о происхождении многолетней мерзлоты, об изменении климата Земли);

2) задания, проблемный характер которых обусловлен разрывом между ранее усвоенными знаниями и требованиями, задачи или вопроса (например, при сопоставлении летних и зимних температур экваториального и тропического поясов Африки школьники должны определить, почему в более удаленном от экватора тропическом поясе температура июля выше, чем в экваториальном);

3) задания, в основе которых лежат факты, идущие вразрез с привычными научными или бытовыми представлениями (например, известно, что чем севернее, тем природные условия более суровые, однако освоение Сибири русскими землепроходцами происходило с севера на юг);

4) задания на установление многозначных причинно-следственных связей (например, какие изменения произойдут на территории Амазонии, если исчезнет сельва); 5) задания, требующие понимания диалектических противоречий, умения оперировать противоположными суждениями (например, ответ на вопрос об увеличении или уменьшении в условиях НТР влияния природных условий территории на жизнь и хозяйственную деятельность человека).

Эффективность проблемного обучения определяется его систематичностью. При планировании уроков учитель должен определить возможности темы и отдельных уроков для применения проблемного обучения и разработать пути осуществления проблемного подхода.

Главная трудность для преподавателя заключена в создании проблемных ситуаций различных видов: учитель должен добиться, чтобы ученики обнаружили несоответствие между имеющимися знаниями и требованиями какой-либо задачи или вопроса, встали перед необходимостью выбора знаний или столкнулись с новыми условиями применения известных знаний.

В ходе решения проблемного задания в классе с ним справляются всего лишь несколько наиболее сильных учащихся. Остальные в лучшем случае запоминают ответ, не зная или не понимая того, как было найдено решение. Вместе с тем все школьники должны приобщиться к творческой мыслительной деятельности. С этой целью рекомендуется ознакомить их с логикой, основными этапами решения проблемных заданий [3].

Таблица 2. Этапы решения проблемы

Название этапа	Суть этапа	Прием учебной работы
Осознание проблемы, вскрытие противоречия	Первоначальное состояние замешательства, недоумения или ощущения непреодолимого препятствия на пути выполнения действий. Обнаружение скрытого противоречия в проблемном вопросе	Установление причинно-следственных связей, нахождение разрыва в связях. Формулировка проблемы, подлежащей решению
Формулировка гипотезы	Обозначение с помощью гипотезы основного направления поиска ответа	Выдвижение гипотезы
Доказательство гипотезы	Доказательство или опровержение высказанного в гипотезе предположения	Проверка решения с помощью непосредственных действий и обоснование гипотезы, если результаты проверки согласуются с теоретическими посылками
Общий вывод	Обогащение ранее сформированных причинно-следственных связей новым содержанием	Установление причинно-следственных связей



Центральное место в решении проблемного задания принадлежит этапам формулирования и доказательства гипотезы. Вот пример хода рассуждения в соответствии с этой схемой при выполнении следующего задания: «Пользуясь картами, установите, почему вода в бессточном озере Чад является пресной». Это задание предлагается учащимся 7 класса, изучающим курс географии материков и океанов.

Этапы решения проблемного задания

*Первый этап (осознание проблемы, вскрытие противоречия).* Из предшествующего курса географии учащиеся знают, что сточные озера имеют пресную воду, а бессточные – соленую. Противоречие уже имеющихся знаний с новым фактом ставит школьников в ситуацию интеллектуального затруднения, озадачивает их, т. е. возникает проблемная ситуация. Следующая запись причинно-следственных цепочек помогает детям осознать, что же именно вызывает затруднение.

Итак, с помощью анализа причинно-следственных цепочек учащиеся выявляют противоречие между сложившимися представлениями и новыми фактами. Это противоречие и составляет проблему, которую нужно решить.

*Второй этап (формулировка гипотезы).* Учитель просит школьников высказать предположения о том, как может происходить сток из озера Чад. Он помогает им сформулировать гипотезу, которая будет выглядеть примерно следующим образом: отсутствие поверхностного стока из озера должно было привести к засолению его вод, однако этого не произошло; видимо, сток из озера Чад все же существует.

*Третий этап (доказательство гипотезы).* Поиск путей доказательства гипотезы требует изменения проблемного задания. Теперь ученики должны ответить на вопрос: «Каким образом осуществляется сток из озера Чад?» Ответ на этот вопрос требует актуализации полученных ранее знаний. Ребята должны вспомнить, что сток может быть не только поверхностным, но и подземным: временным и постоянным. Следовательно, гипотеза подкрепляется следующими конкретными положениями: 1) временный поверхностный сток из озера возможен в период дождей; 2) возможен временный или постоянный подземный сток из озера; 3) возможно и то и другое вместе [4].

В зависимости от сложности решаемой проблемы само доказательство может быть дано или учителем, или учащимися. В нашем случае высказывания школьников должны быть дополнены учителем, так как у школьников нет достаточных знаний для исчерпывающего ответа на этот вопрос. А объяснение того, что озеро Чад – пресное, может быть таким: по одной из версий подземный сток осуществляется во впадину Воделе, которая в прошлом входила в пределы озера Чад, имевшего значительно большие размеры, чем в настоящее время; согласно второй версии, сток осуществляется в сторону разлома, пересекающего бассейн реки Нигер. Вместе со школьниками рассматривается возможность стока из озера в период дождей.

*Четвертый этап (общий вывод).* Решение проблемы заканчивается общим выводом, в котором углубляются и расширяются знания школьников о причинах засоленности воды в озерах.

Расширенное обсуждение проблемных заданий необходимо проводить несколько раз в течение каждого учебного года.

Ценными результатами использования технологии проблемного обучения являются: 1) осознание детьми характера своей умственной деятельности; 2) формирование у них умений творчески мыслить, выдвигать и проверять гипотезы; 3) активное вовлечение большинства учащихся в процесс решения проблем.

Исследования психологов показали, что для умственного развития школьников самостоятельное составление нестандартных вопросов является даже более эффективным, нежели решение проблем, предложенных учителем. Поэтому с начального курса географии рекомендуется учить детей самостоятельно придумывать нестандартные вопросы и задания, на которые нет прямого ответа в тексте учебника. Такую работу они выполняют с большим интересом [5].

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Панчешникова Л.М. Методика обучения географии в школе / Москва 2004.
- [2] Крылова О.В. Интересный урок географии / О.В. Крылова – М.: Просвещение, 2006
- [3] Кульневич С.В. Современный урок / С.В. Кульневич, Т.П. Лакоценина: В 2 ч. – Ростов-на-Дону: Учитель. – 2008
- [4] Новенко Д.В. Новые информационные технологии в обучении / Д.В Новенко // География в школе. – 2010. - № 5
- [5] Предметная неделя географии в школе / Сост. В.Н. Андреева. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2012

Нурабаева Л.С.

**Физикалық география пәнін оқытудағы жағдаяттарды шешудің технологиясы**

**Түйіндеме:** Жағдаяттарды шешу арқылы оқыту мұғалім мен оқушы арасындағы қарым-қатынас болып табылады. Мұғалім жағдаяттарды шешу барысында оқушылардың әртүрлі жағдаяттарды шешуіне, анализ жа-сауына, қарама-қайшылықтарды байқауына көмектеседі. Сабакта жағдаяттарды шешу арқылы оқушыларды жаңа білім қалыптасады. Соның негізгі көрсеткіші ретінде оқушылардың өзіндік жұмыстары жатады. Жағдаят-тарды шешу арқылы оқытудың нәтижесі жүйелік болып табылады. Жағдаяттарды шешу арқылы оқытуды жос-парлауда мұғалім арнайы тақырыптарды тандап, жағдаяттарды шешудің жолдарын қарастыру қажет.

**Түйін сөздер:** Жағдаяттарды шешу арқылы оқыту, жағдаяттарды тудыру, жағдаяттарды шешудің тап-сырмалары

Nurabaeva L.S.

**Technology of problematic teaching physical geography**

**Summary:** Problematic teaching students systematically included problematic situations and solving problems by the teacher. In the process of problematic teaching the teacher creates various kinds of problematic situations, forming skills to see contradictions, formulating problems. Typical sign of technology of problematic teaching is independ-ent experience of getting knowledge by the students. Effective way of problematic teaching defines its systematization. Planning lessons the teacher is to define the possibility of the theme and individual lessons for using problematic teach-ing and work out methods of realization of the problematic point of view.

**Key words:** Problematic teaching, problematic teaching situation, educational problems, problematic tasks.

УДК: 621.311.22(574)

**Н.З. Муханова, А.К. Данлыбаева, А.З. Нурмуханова, А.А. Куйкабаева  
Ш.С. Оспанова, М.А. Усербаева, Ж.Б. Пердалы**  
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

**РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ  
ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК**

**Аннотация:** Несоответствие современным требованиям установленных нагрузок оборудований боль-шинства электрических станций как с физической, так и моральной стороны влечет увеличение экономических расходов. Рассмотрена реконструкция тепловой электрической станции путем замены энергетических котлов на на парогазовые, а также установки котла-утилизатора для оптимального режима работы станции.

**Ключевые слова:** котлоагрегат, тепловой расчет, энергетика, парогазовая установка, газотурбинная ус-тановка, электрическая станция, котел-утилизатор.

Тепловые электростанции являются основой электроэнергетики Республики Казахстан, поэтому снижение удельных расходов условного топлива на выработку тепловой и электрической энергии является одним из основных направлений развития отечественной энергетики. Наиболее перспективным направлением тепловой энергетики является использование парогазовых установок для комбинированной выработки тепловой и электрической энергии [1, 2].

Реконструкция существующих электростанций на основе газотурбинных установок (ГТУ) - одно из приоритетных направлений развития систем энергогенерации мощностью от 4 до 90 МВт. Это позволяет обеспечить экономию топлива, решить проблемы теплоснабжения, экологии и сохранения водных ресурсов.

Исходные данные для расчёта камеры сгорания ГТУ.

Влагосодержание окружающего воздуха

$$d = 10 \frac{e}{k_2}$$

Объёмный состав топлива (природного газа), подаваемого в камеру сгорания с параметрами окружающей среды  $t_m=20^\circ\text{C}$  (таблица 1):

• **Технические науки**

Таблица 1. **Объёмный состав природного газа**

Элемент	CH <sub>4</sub>	C <sub>2</sub> H <sub>6</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	C <sub>4</sub> H <sub>10</sub>	N <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O
Объёмное содержание $r, \%$	93,8	3,6	0,7	0,2	0,7	0
Показатель адиабаты $k$	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,33

Температура перед газовой турбиной

$$t_{\text{дз}} = 900^{\circ}\text{C}; T_{\text{дз}} = 1173,15\text{K};$$

Таблица 2. **Объёмный состав сухого воздуха**

Элемент	N <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	Ar	Смесь
Объёмное содержание $r, \%$	78,09	0,03	20,95	0,93	100
Молярная масса $\mu, \text{кг/кмоль}$	28	44	32	40	28,97

Молярную массу воздуха находим как молярную массу смеси идеальных газов:

$$\mu_{\text{см}} = \sum r_j \cdot \mu_j = 28,97 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}; \quad (1)$$

Состав теоретических продуктов сгорания при теоретически необходимом количестве окислителя (таблица 3):

Таблица 3. **Состав теоретических продуктов сгорания [3]**

Элемент	N <sub>2</sub>	RO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> O	Ar	Смесь
Объёмное содержание $r, \%$	61,93	8,38	28,96	0,73	100
Объём элемента $V_{\text{д0}}, \text{м}^3/\text{м}^3$	7,28	0,98	3,40	0,09	11,75

Теоретический объём дымовых газов, образующихся при сгорании 1 м<sup>3</sup> топлива

$$V_{\text{дз}}^0 = 11,75 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$

Составим баланс энергии камеры сгорания (на 1 м<sup>3</sup> топлива)

$$h_{\text{тф}} + Q_n^p + \alpha \cdot H_{\text{взд}}^* = H_{\text{дзм}}^* + (\alpha - 1) \cdot H_{\text{взд.дз}}^*; \quad (2)$$

где  $h_{\text{тф}}$  - физическая энтальпия топлива (без его химической составляющей)

$$h_{\text{тф}} = c'_{\text{рм}} \cdot t_m, \quad (3)$$

Удельную объёмную изобарную теплоёмкость топлива найдём как теплоёмкость смеси идеальных газов (таблица 2.6):

$$c'_{pm} = \sum_{j=1}^n c'_{pj} \cdot r_j. \quad (4)$$

где  $c'_{pj}$  находим по формуле:

$$c'_{pj} = \frac{R_{\mu} \cdot k_j}{(k_j - 1) \cdot 22,4}. \quad (5)$$

Таблица 4. **Параметры элементов, входящих в Смесь топлива**

Элемент	CH4	C2H6	C3H8	C4H10	N2	H2O	Смесь
Показатель адиабаты k	1,33	1,33	1,33	1,33	1,4	1,33	1,33
$c'_p$ , кДж/м <sup>3</sup> ·К	1,496	1,496	1,496	1,496	1,299	1,496	1,494

Физическая энтальпия топлива:

$$h_{mf} = c'_{pm} \cdot t_m = 1,485 \cdot 20 = 29,7 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}. \quad (6)$$

Энтальпия воздуха  $H^*_{взд}$ , теоретически необходимого для сгорания топлива:

$$H^*_{взд} = V_e^0 \cdot c'_{pвзд} \cdot t_{2д}; \quad (7)$$

где  $c'_{pвзд}$  - теплоёмкость воздуха как функция температуры  $t_{2д}$ ;

$$c'_{pвзд} = f(t_{2д}) = f(227,9^{\circ}\text{C}) = 1,368 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{K}};$$

$$H^*_{взд} = V_e^0 \cdot c'_{pвзд} \cdot t_{2д} = 9,49 \cdot 1,368 \cdot 227,9 = 2958,6 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}. \quad (8)$$

Энтальпия теоретических дымовых газов  $H^*_{дгт}$ , образующихся при окислении топлива

$$H^*_{дгт} = V_{дг}^0 \cdot c'_{pдг} \cdot t_{дг}; \quad (9)$$

где  $c'_{pдг}$  - теплоёмкость теоретических дымовых газов, определяется как теплоёмкость идеальной газовой смеси (5);

$$c'_{pдг} = \sum_{j=1}^n c'_{pдгj} \cdot r_j;$$

где  $c'_{pдгj}$  - теплоёмкость каждого компонента теоретических дымовых газов, определяемая как функция температуры  $t_{дг}$ .

Таблица 5. Теплоёмкости компонентов теоретических продуктов сгорания

Элемент	N2	RO2	H2O	Ar	Смесь
Объёмное содержание $\gamma$ , %	61,93	8,38	28,96	0,73	100
$c'_{p_{\partial z}}$ , кДж/м <sup>3</sup> ·К	1,379	2,169	1,70	0,935	1,448

$$H_{\partial z}^* = V_{\partial z}^0 \cdot c'_{p_{\partial z}} \cdot t_{\partial z} = 11,75 \cdot 1,448 \cdot 900 = 17014 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Энтальпия воздуха  $H_{\text{взд.}\partial z}^*$ , теоретически необходимого для сгорания топлива, находящегося в ДЫМОВЫХ ГАЗАХ

$$H_{\text{взд.}\partial z}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{p_{\text{в}}} \cdot t_{\partial z}; \quad (10)$$

где  $c'_{p_{\text{в}}}$  - теплоёмкость воздуха как функция температуры  $t_{\partial z}$

$$c'_{p_{\text{в}}} = f(t_{\partial z}) = f(900^\circ \text{C}) = 1,426 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3 \cdot \text{К}};$$

$$H_{\text{взд.}\partial z}^* = V_{\text{в}}^0 \cdot c'_{p_{\text{в}}} \cdot t_{\partial z} = 9,49 \cdot 1,426 \cdot 1000 = 13532,74 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

Из уравнения баланса энергии камеры сгорания находим коэффициент избытка воздуха:

$$\alpha = \frac{h_{\text{тф}} + Q_{\text{н}}^p + H_{\text{взд.}\partial z}^* - H_{\partial z}^*}{H_{\text{взд.}\partial z}^* - H_{\text{взд}}^*} = \frac{29,7 + 34837 + 13532,74 - 17014}{13532,74 - 3663,3} \approx 3,18.$$

Определяем состав влажного воздуха:

- массовая концентрация водяных паров во влажном воздухе, соответствующая влагосодержанию  $d=10$  г/кг

$$g_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{d}{622 + d} \cdot 100\% = \frac{10}{622 + 10} \cdot 100\% = 1,58\%. \quad (11)$$

- массовая концентрация сухой компоненты во влажном воздухе

$$g_{\text{с.в.}} = 100\% - g_{\text{H}_2\text{O}} = 100\% - 1,58\% = 98,42\%.$$

- объемная доля водяных паров во влажном воздухе

$$r_{\text{H}_2\text{O}} = \frac{\frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}}{\frac{g_{\text{с.в.}}}{\mu_{\text{с.в.}}} + \frac{g_{\text{H}_2\text{O}}}{\mu_{\text{H}_2\text{O}}}} \cdot 100\%;$$

где  $\mu_{H_2O} = 18 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$  и  $\mu_{с.в.} = 28,95 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$  - молярные массы соответственно водяных паров и сухого воздуха.

$$r_{H_2O} = \frac{\frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}}{\frac{g_{с.в.}}{\mu_{с.в.}} + \frac{g_{H_2O}}{\mu_{H_2O}}} \cdot 100\% = \frac{0,0158}{\frac{0,9842}{28,95} + \frac{0,0158}{18}} \cdot 100\% = 2,52\%.$$
(12)

Объёмную долю каждого элемента влажного воздуха находим из выражения (таблица 2.8):

$$r_{с.в.j} = (1 - r_{H_2O}) \cdot r_{с.в.j};$$
(13)

где  $r_{с.в.j}$  - объёмная концентрация элемента в сухом воздухе.

Таблица 6. Состав влажного воздуха

Элемент	N2	CO2	O	Ar	H2O	Смесь
Объёмное содержание г, %	76,12	0,03	20,42	0,91	2,52	100
Молярная масса $\mu$ , кг/кмоль	28	44	32	40	18	28,68

Объём подаваемого воздуха на 1 м<sup>3</sup> топлива (14)

$$V_{\epsilon} = \alpha \cdot V_{\epsilon}^0 = 3,18 \cdot 9,49 = 30,18 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$

Объём избыточного воздуха

$$\Delta V_{\epsilon} = (\alpha - 1) \cdot V_{\epsilon}^0 = (3,18 - 1) \cdot 9,49 = 20,69 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}$$
(15)

Действительный объём дымовых газов

$$V_{\text{дз}} = V_{\text{дз}}^0 + \Delta V_{\epsilon} = 11,75 + 20,69 = 32,44 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3}.$$
(16)

Рассчитываем объёмы компонентов дымовых газов:

объём азота в действительных дымовых газях:

$$V_{N_2} = V_{\epsilon N_2}^0 + \Delta V_{\epsilon} \cdot r_{\epsilon N_2};$$
(17)

где  $V_{\epsilon N_2}^0$  - объём азота в теоретических продуктах сгорания;

$$V_{N_2} = V_{\epsilon N_2}^0 + \Delta V_{\epsilon} \cdot r_{\epsilon N_2} = 7,28 + 20,69 \cdot 0,7612 = 23,03 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$
(18)

Объём трёхатомных газов в действительных дымовых газях:

$$V_{RO_2} = V_{RO_2}^0 + \Delta V_{\epsilon} \cdot r_{CO_2} = 0,98 + 20,69 \cdot 0,0003 = 0,986 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$
(19)

Объём водяных паров в действительных дымовых газях:

$$V_{HO_2} = V_{HO_2}^0 + \Delta V_{\epsilon} \cdot r_{HO_2} = 3,4 + 20,69 \cdot 0,0252 = 3,92 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$
(20)

Объём кислорода в действительных дымовых газях:

$$V_{O_2} = \Delta V_{\epsilon} \cdot r_{O_2} = 20,69 \cdot 0,2042 = 4,22 \frac{\text{м}^3}{\text{м}^3};$$
(21)

Объём аргона в действительных дымовых газах:

$$V_{Ar} = V_{Ar}^0 + \Delta V_g \cdot r_{Ar} = 0,09 + 20,69 \cdot 0,0091 = 0,278 \frac{M^3}{M^3}. \quad (22)$$

Объёмный состав действительных дымовых газов находим из соотношения (таблица 7)

$$r_j = \frac{V_j}{V_{\text{ог}}}; \quad (23)$$

где  $V_j$  - объём элемента действительных дымовых газов.

Таблица 7. Состав действительных дымовых газов [4]

Элемент	N2	RO2	H2O	Ar	O2	Смесь
Объёмное содержание r, %	71,16	2,95	11,77	0,85	13,28	100
Объём элемента V, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>	23,9	0,99	3,95	0,28	4,46	33,59

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рыжкин В. Я. Тепловые электрические станции: учебник для вузов по спец. "Тепловые электр. станции" / 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 326 с.  
 [2] Steam Generators For Combined Steam and Gas Turbine Plants//Naval Engineers Journal//December 1968//Volume 80, Issue 6, Pages 835–988.  
 [3] Цанев С.В., Буров В.Д., Ремезов А.Н. Газотурбинные и парогазовые установки тепловых электростанций: Учебное пособие для вузов / Под ред. С.В. Цанева – М.: Издательство МЭИ, 2002. – 584 с.  
 [4] Трухний А.Д., Петрунин С.В. Расчет тепловых схем парогазовых установок утилизационного типа: Методическое пособие по курсу «Энергетические установки». –М.: Издательство МЭИ, 2001. – 24 с.

Муханова Н.З., Данлыбаева А.К., Нұрмұханова А.З., Куйкабаева А.А.  
 Оспанова Ш.С., Усербаева М.А., Пердалы Ж.Б.

#### Газ-турбиналық қондырғылар негізінде қолданыстағы электр станцияларын қайта құру

**Түйіндеме:** Көптеген электр станцияларының физикалық және моральдық жағынан жабдықтардың белгіленген жүктемелерінің ағымдағы талаптарына сәйкес келмеуі экономикалық шығындардың артуына әкеледі. Жылу электр станцияларының қайта құрылуын энергетикалық қазандықтарды газ-булық қазандықтарға ауыстыру жолымен қарастырылды, сонымен қатар станцияның оптималді жұмыс режимі үшін қалдықтарды жылыту қазандығы орнатылды.

**Түйін сөздер:** қазандық, жылулық есеп, энергетика, газ-булық қазандықтарды орнату, газ-турбиналық орнату, электр станциясы, қалдықтарды жылыту қазандығы.

Mukhanova N.Z., Danlybaeva A.K., Nurmukhanova A.Z., Kuykabaeva A.A.  
 Ospanova Sh.S., Userbaeva M.A., Perdali J.B.

#### Installation on electrical stations combined cycle gas turbine and gas turbine units

**Summary:** Non-compliance with modern requirements of the installed equipment loads the majority of power plants from both the physical and the moral side entails increasing economic costs. We consider the reconstruction of thermal power plant by replacing energy boilers to steam and gas, as well as the installation of waste heat boiler for the optimal operation of the station.

**Key words:** boiler, thermal design, power generation, combined-cycle plant, a gas turbine plant, power plant, waste heat boiler.



УДК 006:005(574)

**З.Ж. Уразова, К.Б. Амангелдиев, И.Г. Сергеева, А.З. Нурмуханова  
Ш.С. Оспанова, М.А. Усербаева**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

### **СЕРТИФИКАТТАУ МЕН СТАНДАРТТАУДЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ**

**Аңдатпа:** Осы мақалада сапаны жақсарту жөніндегі стандарттарды қолданудың халықаралық тәжірибесі қарастырылады. Стандарттарды қолдану мен стандарттаудың жұмысы көрсетіледі. Мемлекеттегі сапа басқару халықаралық стандарттарға негізделген.

**Түйін сөздер:** стандарттау, сапа, сертификаттау, стандарт.

Қазіргі таңда сертификаттау мен стандарттаудың дамуы экономикалық өзгерістерге тікелей байланысты. Ол өз алдына ғылыми техникалық прогреске және инновацияға әсер етеді. Стандарттау өнім сапасын жақсартуға, мемлекеттік ресурстарды үнемдеуге, сондай-ақ қоғам мен қоршаған ортаны сапасыз өнімдерден, жұмыстардан (қызметтерден) қорғауға және т.б. көмектеседі. Әлемде менеджмент жүйелерінің мынадай стандарттары бар:

ISO 9000 Сапа менеджменті жүйесі;

ISO 14000 Экологиялық менеджмент;

OHSAS 18000 Денсаулық мен қауіпсіздікті басқару жүйесі;

ISO 27000 Ақпараттық қауіпсіздік;

ISO 26000 Әлеуметтік жауапкершілік;

ISO 50001 Энергияны басқару;

ISO 31000 Тәуекелдерді басқару.

Нарықтық экономика жағдайында стандарттау үрдісі мүліктің әртүрлерінің субъектілері жұмыстарының нәтижелерінде (өндірісте, өнімдерді өндіру және сатуда,) жүзеге асыру барысында айқын көрінеді. Стандарттау алғашында материалдық және әлеуметтік саланың әртүрлі объектілерін оңтайландыруға арналған қызмет түрінде пайда болды. Бірақ бірте-бірте стандарттау ауқымына жаңа нысандар кіре бастады соның салдарынан шектеуліден ұйымдастырушылық функционализациялаушы стандарттауға ауысты.

ИСО (Стандарттау жөніндегі халықаралық ұйым) - 1946 жылы құрылды, ол халықаралық сауданы дамытуға, кедендік кедергілерді жоюға, өнімдер мен қызметтердің қазіргі заманғы техникалық деңгейін құруға бағытталған. Өнімнің сапасын анықтау үшін жүйелер жасалды және бұл жүйелер әлі де қажетті нәтижеге қол жеткізу үшін қолданылады.

Тейлор жүйесі бойынша, өнімнің күтілетін сапасы стандартқа сәйкес болып табылады. Бұл жүйеде инженерлер немесе мамандар өндірісті - техникалық нормаларды орнатқызады, тек содан кейін жұмысшылар оны орындауға кіріседі.

Тағы бір жүйе - Шухарт жүйесі, ол 1924 жылы сапаны басқарудың статистикалық әдістерін ұсынды. Бұл жүйеде өнім сапасы болып жатқан үдерістердің тұрақтылығы ретінде түсіндіріледі.

Фейгенбаум жүйесінде сапаны бақылау толық жүргізіледі. Басқа жүйелермен салыстырғанда ол өнім сапасын талдау және бақылауды жүзеге асыратын бірлікті ұйымдастыру идеясын ұсынады.

Деминг жүйесі тұтынушының және қызметкердің қажеттіліктерін қанағаттандыруға арналған сапаны ұсынады. Ол PDCA деп аталатын циклды ұсынды. Цикл айналма түрінде қайталану принципіне негізделеді (1-сурет). Цикл мағынасында жинақталған білімді қолдануды қайталау және жетілдіру жатыр [1].

Мемлекет өндірушілерге жоғары сапалы өнімдер мен қызметтерді өндіру үшін құқықтық, экономикалық, ұйымдастырушылықты қалыптастыру үшін қажетті жағдайлар жасауда. Әдістері мен жолдарының өзгеруіне қарамастан, мемлекеттің реттеуге қатысуы экономика сипатын (нарықтық, жоспарлық) көрсетті, оның шешімі ретінде шикізат материалдарының, шикізаттың сапасын жоғарылату, өндірістегі технологиялық процесті дамыту, сапаны бақылау және өнім қауіпсіздігі болды.



**1-сурет. Деминг циклы**

Ресей Федерациясында ISO 9000 халықаралық стандарттары МСТ ИСО 9000 сериясы түрінде тікелей пайдалану үшін қабылданды. Қазіргі уақытта ИСО 9000 ХС сериясы сапа менеджменті жүйесін қалыптастыратын кәсіпорындарда кеңінен қолданылады.

ИСО 9000 стандарттарына сәйкес сапаны басқарудың сегіз қағидаттары айқындалған:

1. Тапсырыс берушіге бағдарлану;
2. Көшбасшылық – басшылық ұйымның мақсатын, бағытын және ішкі ортаның бірлігін орнатады;
3. Адамдарды тарту - барлық деңгейдегі қызметкерлерді – олар ұйымның мәні болып табылады және оларды тарту ұйымның игілігі үшін қабілеттерін қолдануға мүмкіндік береді;
4. Процестік тәсіл – сәйкес ресурстар және іс-әрекеттер процесс түрінде басқарылса, әрбір іс әрекет қажетті және жеткілікті ресурстарды қолдануға түрлену ретінде қарастырылған жағдайда қалаған нәтижеге қол жеткізу тиімдірек болады;
5. Басқаруға жүйелік тәсілі - анықтау, түсіну және берілген мақсаттарға өзара байланысты процестерді жүйелік басқару, ұйымның тиімділігіне мен нәтижесіне ықпал етеді;
6. Үздіксіз жетілдіру - бұл ұйымның тұрақты мақсаты болады;
7. Фактілер негізінде шешім қабылдау тәсілі- деректер мен ақпараттарды логикалық және интуитивті талдауға өлшемдерге негізделген;
8. Жеткізушілермен өзара тиімді қарым-қатынастар - ұйым мен оның жеткізушілерінің арасында өзара тиімді қарым-қатынас мәні өнімдердің құндылығын құруда екі ұйымдардың қабілетін арттырады [2].

Экономикалық саладағы стандарттаудың жұмысы экономикалық тиімділікті бағалау қағидаты бойынша жұмыстық стандарттарды бекітуге мүмкіндік береді. Осы құжаттар арқылы экономикалық тиімділікті анықтау үшін қажетті ақпарат жинау, өңдеу және талдау әдісі, экономикалық тиімділік әдісі, есептеулер сериясы және т.б. сияқты әрекеттер жасалынады.

Стандарттаудың экономикалық тиімділігі:

- стандарттарды әзірлеу және мақсаттарға сәйкес бекітуге негіздеме ретінде;
- стандарттаудың өндірістік, сауда, әлеуметтік қызметтер мен негізгі кәсіпорынның тиімділігіне әсерін бағалау;
- стандарттау, біріздендіру және біріктіру үшін тиімді нұсқаларды іздестіру процесінде;
- тауардың бағасы мен стандарттарды әзірлеуді келісілген жағдайында есеп айырысу әрекеттері үшін;
- материалдық жағынан стандарттау саласындағы қызметкерлердің талпыну уақытында қажет.

Ресей Федерациясында стандарттаудың дамуы В.В. Окрепиловтың айтуынша бірнеше кезеңде жүзеге асырылды:

1. 1920-1984 жж. Жоспарланған экономиканы басқару кезеңі, стандарттаудың негізгі мақсаты - экономиканы басқару.

2. 1985-1989 жж. Орталықтандырылған бақылаудың әлсіреуі. Стандарттаудың негізгі мақсаты тұтынушылардың мүдделерін қорғау болады.

3. 1990-2002 жж. Нарықтық экономикаға көшудің басталуы. Негізгі міндет - ДСҰ-на кіру.

4. 2003-2005 жж. Стандарттаудың негізгі мақсаты «Техникалық реттеу туралы» Федералдық заңның қабылдануына байланысты әділ бәсекелестік болып табылады.

5. 2006 жыл және қалған жылдар. Стандарттаудың негізгі міндеті - өмір сапасын жақсарту болады [3].

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Гуру менеджмента качества и их концепции: Э. Деминг, Дж. Джуран, Ф. Кросби, К. Исикава, А. Фейгенбаум, Т. Тагути// <http://www.management.com.ua/qm/qm009.html>

[2] Стандартты ISO 9000 - 2011 Сапа менеджменті жүйесі. Негізгі ұғымдар. Терминдер мен анықтамалар

[3] Окрепилов В.В. Перспективы развития стандартизации как инструмента инновационного развития//Проблемы прогнозирования. № 1. 2013, с.52-62.

Уразова З.Ж., Амангелдиев К.Б., Сергеева И.Г.  
Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Усербаева М.А.

#### **Анализ и оценка международного опыта сертификации и стандартизации**

**Резюме:** В данной статье рассмотрены международный опыт использования стандартов для повышения качества. Показаны применение стандартов и работа стандартизации. Управление качеством в стране основывается на использовании международных стандартов.

**Ключевые слова:** стандартизация, качество, сертификация, стандарт.

Urazova Z.Zh., Amangeldiyev K.B., Sergeeva I.G.  
Nurmukhanova A.Z., Ospanova Sh.S., Userbaeva M. A.

#### **Analysis and assessment of international experience of certification and standardization**

**Summary:** In this article, the international experience of using standards for quality improvement is considered. The application of standards and the work of standardization are shown. Quality management in the country is based on the use of international standards.

**Keywords:** standardization, quality, certification, standard.

УДК 631.344. (088.8)

**А.А. Генбач, Д.Ю. Бондарцев**

(АУЭС, Алматы, Казахстан Республикасы, d.bondartsev@saem.kz)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОХОПРОВОДНЫХ МАЛОПОРИСТЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОЭНЕРГОУСТАНОВОК**

**Аннотация:** Моделирование капиллярно-пористых покрытий и аналогия протекающих в них процессов позволяют раскрыть механизм теплопередачи при парообразовании жидкостей, установить зоны возникновения и развития усталостных трещин в центрах активации паровых зародышей, исследовать естественные (природные) (солевые отложения, накипи) и искусственные пористые покрытия, наносимые на металлические ограждения (подложки) вплоть до наступления предельного состояния материалов. Покрытия выполнялись из плохотеплопроводных минеральных сред (кварц, гранит, тешенит) с невысокой пористостью ( $3\div 30\%$ ). Теплота подводилась от факела ракетной горелки и электрическим током. Стабильность теплопередачи обеспечивалась избытком охладителя при совместном действии капиллярных и массовых сил. Решение термоупругостной задачи определило связь тепловых потоков, разрушающих термических напряжений и энергии разрушения от времени подачи тепла и размера отрывающихся частиц покрытия. Установлены области релаксации, микро – и макропроцессов разрушения, которые показывают на причины возникновения и развития усталостных трещин теплоэнергетического оборудования в концентраторах напряжений, с развитием эрозионных процессов и стремлении отношения предельных напряжений сжатия и растяжения к единицы. Проведенные исследования имеют место для переходных режимов работы котло - турбинного оборудования, а также при создании капиллярно-пористых систем охлаждения.

**Ключевые слова:** пористые покрытия, система охлаждения, теплообмен.

Развитием горелок [1-3] являлись исследования пористой системы охлаждения горелок ракетного типа [4-9]. При термическом воздействии на минеральное плохотеплопроводное пористое покрытие горелкой через некоторое время часть поверхности нагревается до определенной температуры, в других частях покрытия сохраняется начальная температура. Поэтому внутри пористого покрытия возникает градиент температуры, вследствие чего оно расширяется неравномерно. Окружающие не нагретые слои оказывают сопротивление этому расширению. В результате возникают термические напряжения как в нагретой части, так и в окружающем не нагретом массиве, в том числе подложки. Эти напряжения могут достигать разрушающих значений. В работах [2,3] приведены решения задачи о термоупругих напряжениях для идеализированных процессов. Доминирующую роль в процессе разрушения играли нормальные сжимающие напряжения. Разрушение пористого покрытия происходит в результате потери устойчивости в тонком слое, прилегающем к свободной поверхности. Поэтому рассматривалось напряженное состояние верхнего слоя, толщина которого зависит от коэффициента теплоотдачи и структуры покрытия и подложки (металлической парогенерирующей поверхности).

В облучаемом покрытии бурно возрастает плотность вакансий, которые быстро объединяются в полости, т.к. интенсивность процесса объединения вакансий пропорциональна квадрату их плотности. Если полости вакансий могут превращаться в дислокации, то облучаемое покрытие приобретает пластические свойства и не разрушается под действием горелки. Таковы все металлы. Этим свойством обладают также и некоторые минеральные породы (туф, мрамор, известняк).

Если же в покрытии дислокации не образуются, то растущие полости вакансий концентрируют на своих краях напряжения и ведут к разрушению в то время, когда термические напряжения в покрытии еще не достигают предела пластической текучести. Происходит хрупкое термическое разрушение.

Для охлаждения теплообменных поверхностей элементов энергоустановок вплоть до критических тепловых потоков ( $\sim 10^6$  Вт/м<sup>2</sup>), как следует из литературы, имеют место кажущиеся противоречия в построении механизма процесса теплообмена в пористых структурах, когда обсуждается какая среда находилась у стенки: жидкость, пар или пароводяная смесь. В наших работах показано, что все модели не противоречат друг другу, а описывают различные режимы кипения [4-9].

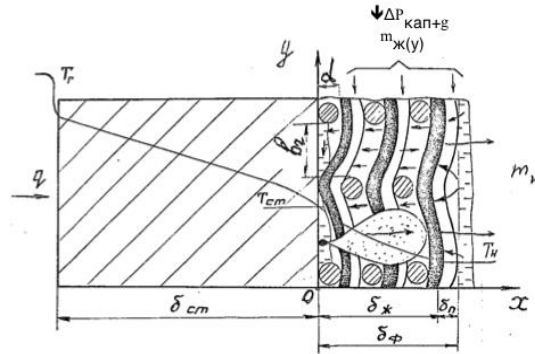
На основе экспериментальных и теоретических исследований строятся динамические модели интенсификации теплоотдачи при кипении на пористой поверхности. Развитые поверхности содержат связанные между собой внутренние полости в виде прямоугольных каналов и маленькие поры, соединяющие каналы с объемом жидкости.

Отношение потока скрытого тепла ( $\frac{\pi}{6} \bar{D}_o^3 \cdot r_n \bar{n} \bar{f}$ ) к полному тепловому потоку для развитой поверхности в (2...5) раз могло бы быть больше, чем для обычной поверхности при удельном тепловом потоке до  $1 \times 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>. При больших тепловых потоках данное отношение снижалось. Отклонение некоторых данных от расчетных достигало 300%. В формуле приняты обозначения:  $\bar{D}_o$  – средний отрывной диаметр паровых пузырей в пористой структуре;  $r$  – удельная теплота парообразования;  $r_n$  – плотность пара;  $\bar{n}$  – средняя плотность центров ядрообразования;  $\bar{f}$  – средняя частота генерации паровых пузырей.

Разработаем физическую модель передачи удельного теплового потока  $q$  через парогенерирующую поверхность (стенку или подложку), которая покрывается капиллярно-пористой структурой (рис.1).

Процессы тепломассопереноса в пористом покрытии протекают с избытком жидкости  $\tilde{m} = m_{ж}/m_n$  за счет действия потенциала давления, создаваемого капиллярными и массовыми силами  $\Delta P_{\text{кап+г}}$ .

Изученные термогидравлические (внутренние) характеристики кипения [5,6] позволяют раскрыть механизм, описать физическую картину процесса тепломассопереноса в исследованных сетчатых пористых структурах [4,7], работающих в поле гравитационных сил, и получить расчетные уравнения по определению отводимого теплового потока [3,7,9].



**Рис.1.** Физическая модель процесса теплообмена в реальной пористой структуре покрытий, работающих с избытком жидкости: прямые линии – движение жидкости; волнистые линии – движение пара;  $q$  – удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>;  $T_g, T_{ст}, T_n$  – температуры газов, стенки (подложки) и насыщения, °С;  $\delta_{ст}, \delta_{ж}, \delta_{п}, \delta_{ф}$  – толщины стенки, жидкости, пара, фитиля, м;  $m_{ж(y)}, m_{п}$  – расход жидкости и пара, кг/с;  $\Delta P_{кап+г}$  – действующий движущий капиллярный и массовый напор, Н/м<sup>2</sup>;  $d$  – размер зерна, м;  $\nu$  – ширина ячейки пористого материала, м.

В исследуемой системе охлаждения при малых тепловых потоках передача теплоты осуществляется за счет кондуктивного 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 [7].

При некотором тепловом потоке, тем меньше, чем ниже параметр  $\tilde{m} = m_{ж}/m_{п}$ , начинается нарушение плавного волнистого течения пленки жидкости, появляются отдельные паровые пузыри. Постоянно действующими центрами генерации являются несколько активно действующих ячеек структуры. Начало закипания жидкости  $\Delta T_{н.з.}$  зависит от многих режимных и конструктивных параметров и определяется уравнением для этого процесса  $\Delta T_{н.з.}$ , которому соответствует тепловой поток  $q_{н.з.}$ . Снижение расхода охлаждающей жидкости  $m_{ж(y)}$ , либо увеличение притока теплоты  $q$ , приводят к бурному росту центров парообразования  $\tilde{n}$ .

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  $m_{ж(y)}$  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.

Зона переходного участка к развитому пузырьковому кипению невелика вследствие высокой скорости нарастания активно действующих центров парогенерации  $\tilde{n}$ . Дальнейший рост тепловой нагрузки  $q$  приводит к устойчивой работе большого количества активных центров образования пузырей, равномерному их распределению по всей парогенерирующей поверхности. Однако при некоторых критических условиях наступает кризис кипения и пережог поверхности. Поэтому проведение аналогии в процессах преднамеренного разрушения хрупких материалов и кризиса кипения, позволяет их смоделировать и выявить механизм таких процессов.

Для познания механизма процесса разрушения проведены опыты с применением методов фотоупругости и голографии [1].

Оценка напряженного состояния моделей в сходственные моменты времени производилась путем фотографической регистрации картин изохром и подсчета порядка полос  $n$  в различных точках исследуемых направлений.

Решение задачи термоупругости позволяет определить предельное состояние среды для пористого покрытия и металлической парогенерирующей поверхности [2,3,9].

При термическом разрушении плохотеплопроводных малопористых покрытий и металлической стенки (подложки) требуется выяснить влияние величины удельного теплового потока  $q$ , подводимого к поверхности, и времени его воздействия  $\tau$  на создание разрушающих напряжений  $\sigma$ , грану-

лометрический состав шелухи (размер отрывающихся частиц), а для металла – глубину проникновения температурного возмущения  $\delta$ .

При возрастании величины  $q$  за очень короткий промежуток времени  $\tau$  динамические эффекты становятся весьма значительными, напряжения сжатия  $\sigma$  достигают больших значений, часто в несколько раз превышающих предел прочности материала на сжатие. Поэтому необходимо учесть эти напряжения в механизме термического разрушения материала. Требуется выяснить, какой вид напряжений  $\sigma_i$  достигает раньше своих предельных значений.

Рассмотрим пластину толщиной  $2h$ . К поверхности  $z=+h$ , начиная с момента времени  $\tau = 0$ , подводится постоянный удельный тепловой поток  $q$ . Нижняя поверхность  $z=-h$  и боковые края пластины – теплоизолированы.

Уравнения теплопроводности с граничными и начальными условиями запишется в виде:

$$d_{ст} \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} = \frac{\partial T}{\partial \tau}, T = 0 \quad \tau < 0;$$

$$\lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial z} = q, \quad z = +h; \quad \lambda_{ст} \frac{\partial T}{\partial z} = 0, \quad z = -h,$$

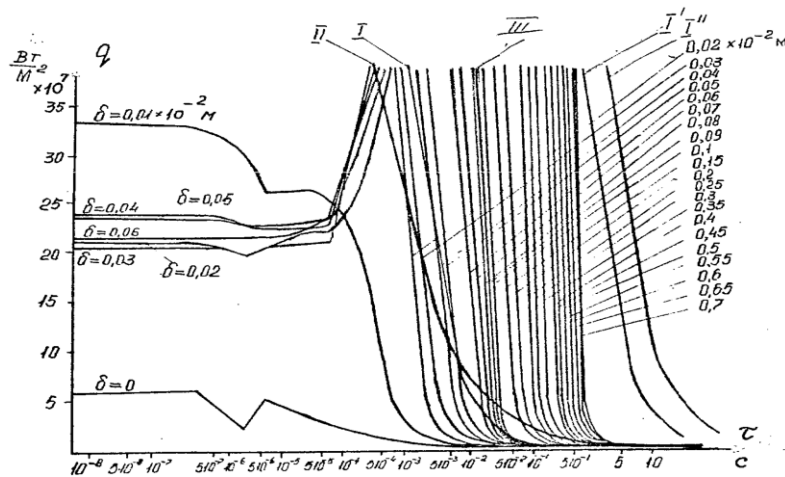
где  $d_{ст}, \lambda_{ст}$  - коэффициенты температуропроводности и теплопроводности стенки (подложки) [10].

Распределение температуры по толщине зависит от теплофизических свойств материала, величины теплового потока и времени его подачи [2,3].

Зная распределение температуры в пластине, можно вычислить термические напряжения растяжения и сжатия, возникающие в некоторый момент времени  $\tau$  на различной глубине от поверхности  $\delta_i$  ( $h=zi$ ) при данном значении теплового потока  $q$ , поскольку пластина с переменной по толщине температурой находится в плоско напряженном состоянии [2].

Задаваясь предельными значениями напряжения сжатия  $\sigma_{пр.сж.}$  и растяжения  $\sigma_{пр.раст}$  для покрытия и металла, получаем функциональную зависимость теплового потока  $q$ , требуемого для разрушения, от времени подачи  $\tau$  и глубины проникновения  $\delta$ . Кроме того, приравнивая температуры на поверхности пластины к температуре плавления  $T_{пл.}$  покрытия и металла, находим значения удельных тепловых потоков, необходимых для расплавления поверхностного слоя за различный промежуток времени их действия  $q_1$ , т.е. в каждом конкретном случае имеем функциональные зависимости теплового потока от времени воздействия его на породу и металлическую поверхность [3].

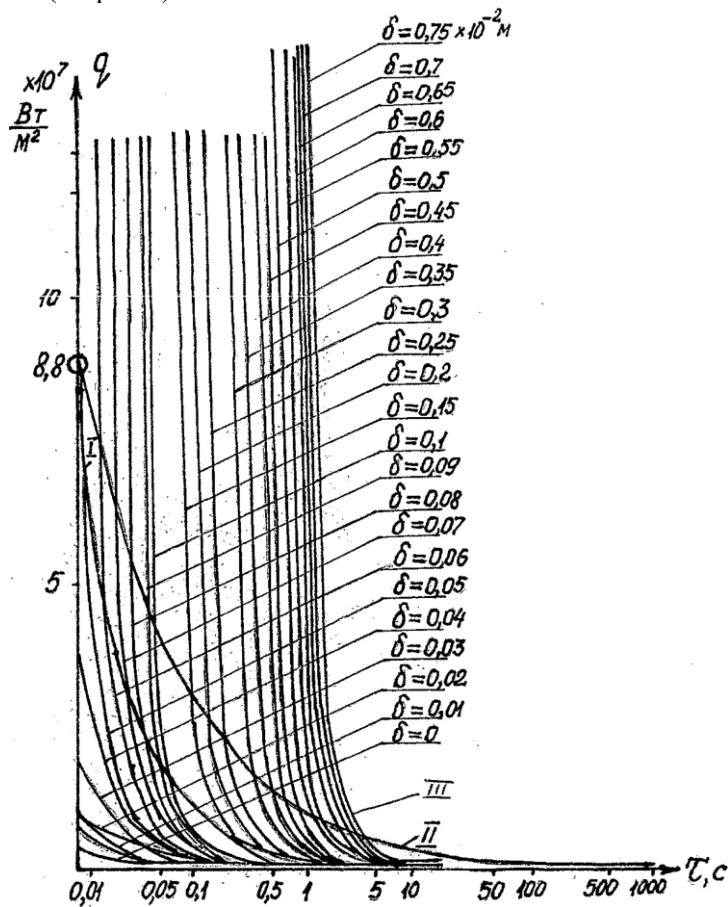
В случае кварцевой пластины (покрытия) тепловые потоки  $q_i$  подсчитаны для широкого интервала времени -  $10^{-8} \dots 10^3$  с. Нижний предел этого интервала ( $10^{-8}$  с.) – время релаксации. Из рис.2 видно, что для интервалов времени  $10^{-8} \dots 10^3$  с соотношения для величины  $q_1$  и  $q_2$  теряют физический смысл. Поскольку терморазрушение – макропроцесс, принимаем его протекающим за время  $5 \cdot 10^{-3} \dots 10^3$  с.



**Рис.2.** Зависимость тепловых потоков  $q_i$ , вызывающих напряжения сжатия III кварцевого покрытия, в зависимости от времени действия  $\tau$  для различной толщины  $\delta_i$  отрывающихся частиц: I – напряжения растяжения, достаточные для разрушения; I', I'' – медь и нержавеющая сталь,  $h = 0,1 \times 10^{-3}$  м; II – оплавление поверхности. Кривые II', II'' для меди и стали почти совпадают с кривой I в области  $\tau = (0,01 \dots 0,1)$  с.



При условии разрушения покрытия только сжатием получен ряд кривых, каждая из которых соответствует определенной толщине отрывающихся частиц, которые для тешенита составляют  $(0,25...0,3) \cdot 10^{-2}$  м, что подтверждается экспериментом, полученным в результате скоростной кино-съемки камерой СКС-ИМ (см.рис.6).



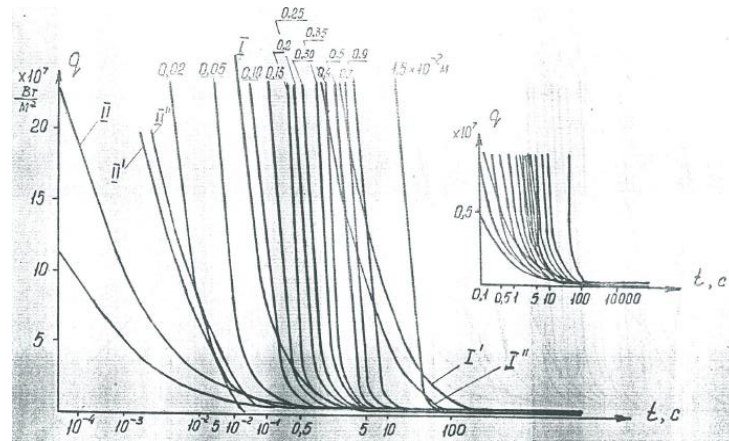
**Рис.3.** Зависимость тепловых потоков  $q_i$ , вызывающих напряжения сжатия III покрытия из кварца в зависимости от времени действия  $\tau$  для различной толщины  $\delta$  отрывающихся частиц: I – напряжения растяжения, достаточные для разрушения; II – оплавление поверхности; кривые II – медь,  $\delta = 0,1 \cdot 10^{-3}$  и III – нержавеющая сталь,  $\delta = 0,1 \cdot 10^{-3}$  м, почти совпадают с кривой I в области  $(0,01...0,1)$  с.

Участки кривых сжатия, определяющие отрыв частиц с толщинами

$\delta > 0,3 \cdot 10^{-2}$  м для больших величин  $q$  и малых  $\tau$ , экранируются кривой плавления II, а в случае малых тепловых потоков и значительных интервалов времени – кривой растяжения I. Кривая плавления поверхности кварцевого покрытия проходит значительно выше, чем у тешенитного покрытия, что объясняет его устойчивое хрупкое разрушение (см.рис.2,3).

Причины разрушения котлотурбинных деталей зависят от предыстории развития трещин в концентраторе напряжения (релаксационная зона) (см.рис.2). Отсчет необходимо вести от времени взрывообразного возникновения парового зародыша (интервал времени от  $10^{-8}$  с до  $10^{-3}$  с). Энергия спонтанного появления парового пузырька является величиной, близкой к постоянной (инвариантной) по времени его роста. Она затрачивается на поддержание зародыша радиусом  $R_{кр}$  и предотвращает его схлопывание ( $q$  достигают до  $10^8$  Вт/м<sup>2</sup>). В данный промежуток времени устанавливается термодинамическое равновесие для перехода от микропроцесса (микрочастиц и кластеров с радиусами  $(10^{-7} \div 10^{-8})$  м (наночастицы) отдельных (единичных) индивидуальных пузырей к процессам, описываемым поведением большого количества пузырей, т.е. с помощью интегральных характеристик  $(\bar{q}, \bar{\alpha}, \bar{\Delta T}, \bar{\Delta P}, \bar{w})$ , где  $\bar{\alpha}, \bar{\Delta T}, \bar{\Delta P}, \bar{w}$  – среднее значение коэффициента теплопередачи, температурного и гидро-газодинамического напора и скорости потока).





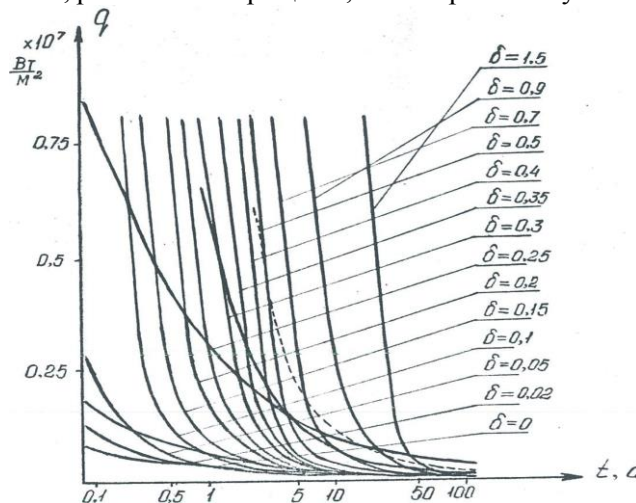
**Рис.4.** Зависимость тепловых потоков  $q_i$ , вызывающих напряжения сжатия III покрытия из гранита, в зависимости от времени действия  $\tau$  для различной толщины  $\delta$  отрывающихся частиц: I – напряжения растяжения, достаточные для разрушения (I, I' – медь и нержавеющая сталь,  $h = 0,1 \times 10^{-3}$  м); II – оплавление поверхности (II, II' – медь и нержавеющая сталь,  $h = 0,1 \times 10^{-3}$  м).

Наличие концентраторов напряжений, в которых зарождается активная паровая фаза, значительно снижает отношение  $\sigma_{пр.сж.} / \sigma_{пр.раст}$  и эта величина может быть от (1÷2), в том числе для энергосталей. Необходимо также учитывать наличие других концентраторов напряжений, цикличность нагрузок при пуско - остановочных режимах работы оборудования, приводящих к усталостным трещинам (напряжениям).

Например, для турбинных сталей предел прочности на растяжение  $\sigma_b \approx (400 \div 1000)$  МПа. Предел текучести при рабочей температуре – (400÷550)°С понижается до (200÷900) МПа при деформации 0,2%. Пределы длительной прочности снижаются до (70÷260) Мпа при деформации в (10÷20)%. Величина временного термонапряжения уменьшается до (40÷120) МПа, т.е. на порядок. Основные оценочные напряжения усталости составляют всего до 0,45 от  $\sigma_b$ .

Следовательно, велика вероятность, что  $\sigma_{пр.раст} \approx \sigma_{пр.сж.}$ , а  $\sigma_{пр.раст}$  доходят до 10 Мпа и становятся одного порядка для пористых покрытий.

Процессы «гибели» как и зарождения пузырей также носят взрывной характер ( $\tau = 10^{-8} \div 10^{-6}$  с), что приводит к возникновению кумулятивных явлений, которые наряду с коррозионными и электрическими процессами разрушают концентратор напряжения (активный центр генерации процессом эрозии, доводя его размер до критической трещины. В случае мгновенной конденсации пара в выемке (лунке), его объём мгновенно исчезает и образуется мощный кумулятивный эффект (кавитация) при этом ударные волны распределяются вглубь деталей, развиваются трещины, по которым поступает кислород.



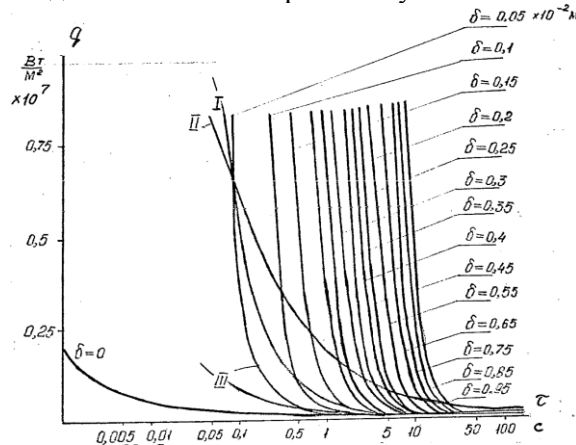
**Рис.5.** Зависимость  $q_i = f(\tau)$ , представленная на рис.5 в диапазоне  $q = (0,25 \dots 0,75) \times 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>

В момент «рождения» пузыря или капли величина  $\alpha$  составляет до  $1 \cdot 10^5$  Вт/м<sup>2</sup>К при температуре пара (500÷565)<sup>0</sup>С величина  $\Delta T$  доходит до 500<sup>0</sup>С, а  $q$  действующее в основании пузыря (зоне «сухого» пятна) – до  $5 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>. Если учесть, что индивидуальный паровой пузырь генерирует  $q$  в 10 раз более, чем его интегральное значение [3,4], то итоговый  $q$  составляет  $5 \cdot 10^8$  Вт/м<sup>2</sup>, что и представлено на рисунках  $q=q(\tau, \delta)$ . Чем больше глубина проникновения тепловой волны  $\delta$  (или отрывающейся частицы от пористого покрытия), тем потребуется больше времени для разрушения деталей (по  $q$  см.рис.2-6).

Взаимосвязь напряжений сжатия и растяжения представляют собой эпюры напряжений внутри пластины (покрытия) для различных интервалов времени от начала рассматриваемого процесса. При малых величинах  $\tau$ , порядка  $10^{-2}$  с, возникают только напряжения сжатия. Начиная с  $\tau = 10^{-1}$  с, в некоторой области  $\Delta(h-z_i)$  напряжение сжатия переходит в напряжение растяжения, причем для различных интервалов времени они находятся на различной глубине от поверхности пластины.

Разрушение покрытия и металла под действием сил сжатия наступает во времени значительно раньше, чем силы растяжения. Интервалы теплового потока, в пределах которых происходит такое разрушение, составляют: для покрытий из кварца –  $q_{\max} = 7 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>,  $q_{\min} = 8 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>, для гранитного покрытия –  $q_{\max} = 1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup>,  $q_{\min} = 21 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>, для металла (подложки) -  $q_{\max} = 2 \cdot 10^6$  Вт/м<sup>2</sup> (кризис кипения в пористой системе);  $q_{\min} = 1 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup> (без охлаждения).

С увеличением  $q$  в нагреваемом слое, и следовательно, уменьшением времени нагрева  $\tau$ , растет роль напряжений сжатия. Несмотря на высокую сопротивляемость сжатию, разрушение от сжимающих термонапряжений происходит в более благоприятных условиях мгновенно и в малых объемах.



**Рис.6.** Зависимость тепловых потоков  $q_i$ , вызывающих напряжения сжатия тешенитного покрытия, в зависимости от времени действия  $\tau$  для различной толщины  $\delta_i$  отрывающихся частиц: I – напряжения растяжения, достаточные для разрушения; II – оплавление поверхности; III – разрушающие термонапряжения сжатия. Кривые II' и II'' для меди и нержавеющей стали почти совпадают с кривой I в интервале  $\tau = (0,1 \dots 1)$  с; толщина металла  $\delta_{пл} = h = 0,1 \times 10^{-3}$  м.

На рис. (2-6) нанесены кривые для парогенерирующих поверхностей нагрева, когда в результате смены режима кипения установился пленочный режим и резко возросла температура поверхности до величины  $T_{пл}$ .

Расчет удельной энергии  $Q$  разрушения единицы объема кварцевого, гранитного и тешенитного покрытий в зависимости от толщины  $\delta$  отрывающихся частиц показывает, что кривые имеют явно выраженные минимумы.

Для кварцевого покрытия минимальная энергоёмкость разрушения равна  $Q \cong 0,5 \cdot 10^3$  Дж/м<sup>3</sup>, для  $\tau = (0,1 \div 1)$  с,  $\delta_i = (0,1 \div 0,25) \cdot 10^{-2}$  м.

Для гранитного покрытия:  $Q \cong 2,5 \cdot 10^9$  Дж/м<sup>3</sup>, для  $\tau = (0,1 \div 5)$  с,  $\delta_i = (0,1 \div 0,3) \cdot 10^{-2}$  м. Для  $q \cong 0,1 \cdot 10^7$  Вт/м<sup>2</sup> и  $\delta = (0,2 \div 1,5) \cdot 10^{-2}$  м,  $Q = 2,5 \cdot 10^9$  Дж/м<sup>3</sup>

Для тешенитного покрытия:  $Q \cong 0,5 \cdot 10^9$  Дж/м<sup>3</sup>, для  $\tau = (0,1 \div 5)$  с,  $\delta_i = (0,1 \div 0,4) \cdot 10^{-2}$  м, причем отношение предельных нормальных напряжений сжатия и растяжения изменялось от 20 до 30. Наличие микротрещин в монолите покрытия снижает его прочность на сжатие в окрестности данной трещины так, что предел прочности на сжатие может быть лишь в 2 раза больше предела прочности на растяжение.

Кривые  $Q=f(q)$  своими минимумами с ростом  $\delta_i$  смещаются в сторону снижения  $q$ , причем для термического разрушения хрупких покрытий требуется и меньшая энергоемкость  $Q$ .

Таким образом опасность появления предельных термических напряжений велика в момент пуска и останова котлотурбинного оборудования электростанций. Эти напряжения возникают прежде всего в местах концентраторов, которым являются центры зарождения активной паровой фазы, либо образования капель конденсата. Капиллярно – пористая структура может быть естественного происхождения (солевые отложения, налеты), так и искусственно создаваемая с хорошо – и плохотеплопроводными материалами в широких пределах пористости от 3% до 90% (проницаемости). Структуры могут выполнять моделирующую роль, так и служить в качестве высокоинтенсивной и форсированной системой 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% (см.рис.6)

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Polyayev V.M., Genbach A.N., Genbach A.A. An experimental study of thermal stress in porous materials by methods of holography and photoelasticity // *Experimental thermal and fluid science, avenue of the Americas, New-York, volume 5, number 6, November. –1992. pp. 697-702.*
- [2] Генбач А.А., Бурмистров А.В. Исследование теплового состояния цилиндров паровых турбин // *Промышленность Казахстана, No 2 (65), март-апрель. –2011. – С.91-93.*
- [3] Поляев В.М., Генбач А.Н., Генбач А.А. Предельное состояние поверхности при термическом воздействии // *ТВТ. – 1991. – Т.29, №5. – С. 923-934.*
- [4] Polyayev V.M., Genbach A.A. Control of Heat Transfer in a Porous Cooling System // *Second world conference on experimental heat transfer, fluid mechanics and thermodynamics. – 1991. – Dubrovnik, Yugoslavia, 23-28 June. – pp. 639-644.*
- [5] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление внутренними характеристиками кипения в пористой системы // *Криогенная техника и кондиционирование: Сб. трудов МГТУ. –1991. –С.224-237.*
- [6] Поляев В.М., Генбач А.А. Управление теплообменом в пористых структурах // *Известия Российской академии наук. Энергетика и транспорт. -1992. –Т.38. №6. – С.105-110.*
- [7] Поляев В.М., Генбач А.А. Теплообмен в пористой системе, работающей при совместном действии капиллярных и гравитационных сил // *Теплоэнергетика. –1993. №7. –С.55-58.*
- [8] Поляев В.М., Генбач А.А. Интенсивность теплообмена пористой системы в гравитационном поле // *Известия вузов. Энергетика. -1993. №1,2. –С.91-95.*
- [9] Поляев В.М., Генбач А.А. Предельные тепловые нагрузки в пористых структурах // *Известия вузов. Авиационная техника. -1991. №1. – С.33-37.*
- [10] Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю., Модель генерации пара на твердой поверхности покрытой пористой структурой для элементов теплоэнергоустановок // *Вестник КазНУ №4 (122) – июль 2017, С. 49-55.*

Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.

**Модельдеу жаман сымды аз кеуекті капиллярных жабындар мен бу генерациялайтын жылу алмасу беттерін элементтерін жылу энергетикалық қондырғылар.**

**Жиынтық:** жабу орындалды бірі нашар жылу өткізу минералды орталарды (кварц, гранит, тешенит) кеуектілік (3÷30%). Жылу органын көрсету қажет от алауын зымыран оттықтары мен электр тогымен. Тұрақтылық, жылу тасымалдау қамтамасыз етілетіндей мол салқындатқыштан кезінде бірлескен іс-әрекеттегі капиллярных және бұқаралық күштері. Шешім термо-серпімділік міндеттері анықтады байланыс жылу ағынын бұзатын термиялық кернеулер мен энергия бұзылу уақыты берілген жылу мөлшері мен бөлінетін бөлшектердің жабу.

**Түйінді сөздер:** кеуекті жабынды, суыту жүйесі, жылу алмасу.

Genbach A.A , Bondartsev D.Yu

**Modeling of poorly conductive low-porous capillary coatings and steam-generating heat-exchange surfaces of elements of thermal power plants.**

**Summary:** coatings were made of poorly heat-conducting mineral media (quartz, granite, teshenite) with low porosity (3 ÷ 30%). Heat was supplied from the torch of the rocket burner and electric current. The stability of heat transfer was provided by an excess of the coolant under the combined action of capillary and mass forces. The solution of the thermoelastic problem determined the relationship between heat fluxes, thermal stresses and fracture energy versus the time of heat supply and the size of the detachable coating particles.

**Key words:** porous coatings, cooling system, heat exchange.

УДК 624.131

<sup>1</sup>З.М. Жамбакина, <sup>2</sup>А.С. Жакулин, <sup>2</sup>А.А. Жакулина

(<sup>1</sup>Казахский национальный технический исследовательский Университет им. К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Карагандинский государственный технический университет, Караганда, Республика Казахстан, zhambakina@bk.ru)

### НАПРЯЖЕННО - ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТКОСА СКЛОНА

**Аннотация:** Показаны результаты исследований влияния замачивания грунтов склона на подпорные стенки у гор Алатау. Установлено, что при водонасыщении грунты становятся оползневыми и наиболее опасно развитие максимальных горизонтальных деформаций, обусловленных сдвиговыми напряжениями склона откоса.

**Ключевые слова:** откос, просадочность, напряженно-деформированное состояние, пластическое течение.

Рассматриваемая площадка исследования влияния склона на подпорные стенки, расположена в Алматинской области у подножия гор Алатау. Имеющиеся абсолютные отметки поверхности земли колеблются в пределах от 916,0 до 985,835 м, что составляет перепад 69,835 м. В геолого-литологическом строении принимают участие нижнечетвертичные эоловые отложения, представленные лессовидными просадочными суглинками ( $Q_I$ ), а также верхнечетвертичные аллювиально-пролювиальные отложения ( $арQ_{III}$ ), представленные галечниковыми грунтами, перекрытыми суглинками и современным почвенно-растительным слоем ( $Q_{IV}$ ). Суглинки ( $Q_I$ ) буровато-серого цвета, до глубины 21,0 м просадочные, ниже непросадочные. Суглинки ( $Q_I$ ) вскрыты до глубины 40,0 м (Zhakulin 2015). Галечниковые грунты с песчаным заполнителем вскрыты в северной части участка и характеризуются следующим содержанием фракций: валунов до 15%, гальки 50-55%, гравия 10-15%, заполнителя 15-20%. 11 мая 2016 года с восточной стороны горы Мохнатка зафиксирован сход земляного грунта примерным объемом около 700 кубометров. Из них 220 кубов сошли на автодорогу Медео - Шымбулак. В просадочных лессовых грунтах возникают проблемы обрушения массива откоса склона при полном или частичном водонасыщении грунтов за счёт значительного ухудшения значения расчетных параметров (сцепления, угла внутреннего трения и модуля деформации). Необходимо проанализировать напряженно-деформированное состояние склона гор сложного просадочными грунтами для оценки устойчивости склона. Для анализа напряженно деформированного состояния откоса решена двумерная задача в упруго пластической постановке с использованием численного метода [1].

В результате инструментального обследования склонов и водоотводных систем выявлены многочисленные дефекты, допущенные в процессе проектирования и укрепления геосинтетическими материалами склона гор, которые влекут угрозу безопасной эксплуатации автомобильной дороги и сооружения.

Склон откоса в течение года подвержен воздействию атмосферных и паводковых вод.

Выявленные дефекты указывают на разрушения из за не качественного укрепления откоса склона гор вдоль автомобильной дороги ( Рисунок 1).



**Рис. 1.** Общий вид откоса в зимнее время

**ОСОБЕННОСТИ ГРУНТОВ**

По данным исследований физико-геологических явлений в предгорных районах юга Казахстана отмечено следующее: плоскостной срыв, оврагообразование, просадочность, сейсмические явления. На площадке откосы сложены суглинистыми грунтами буровато-серого цвета, от твердой до тугопластичной консистенции, карбонатизированные, до глубины 15,5-21,0м – просадочные. Физико-механические свойства суглинков приведены в Таблица 1.

Грунтовые воды до 40,0 м не вскрыты. При этом характеристики для суглинков по результатам лабораторных испытаний составляют: плотность - 15-16 кН/м<sup>3</sup>; коэффициент пористости -  $e > 0,9$  с низкими значениями механических свойств.

Согласно результатам компрессионных испытаний суглинки, залегающие до глубины 15,5-21,0 м, при замачивании проявляют просадочные свойства. При этом ухудшаются прочностные свойства грунтов до 50%. (Рисунок 2). Начальное просадочное давление изменяется от 0,028 до 0,361 МПа (0,112).

Коэффициент относительной просадочности при удельном давлении 0,05 МПа колеблется в пределах 0,001 до 0,056 (0,014); при удельном давлении 0,1 МПа – 0,001-0,064 (0,023); при удельном давлении 0,2 МПа – 0,001 - 0,105 (0,046); при удельном давлении 0,3 МПа - 0,019 – 0,113(0,059) (Рисунок 3). Расчеты показывают, что величина суммарной просадки составляет 8,8-73,51см.

При этом, Ухов С.Б.[2] дает определение такого типа грунтовых условий по просадочности, как второй. Согласно Карте комплексного сейсмического микрорайонирования предгорья Алматинской области и прилегающих территорий участок расположен в границах сейсмического участка III-B-2 (верхняя предгорная ступень). Разрез ступени представлен мощной (от 40 до 80 м) толщей высокопористых лессовидных суглинков, залегающих на галечниках. По результатам оценки сейсмических свойств грунты, слагающие данную толщу, характеризуются III-ей категорией по сейсмическим свойствам из-за высоких ( $e > 0,9$ ) значений коэффициентов пористости.

Таблица 1. **Физико механические свойства.**

Обозначения	Единицы измерения	Начальные	расчетные
I		0,080	
W		0,170	
$\rho$	г/см <sup>3</sup>	1,50-1,60	
$\rho_s$	г/см <sup>3</sup>	2,7	
$\rho_d$	г/см <sup>3</sup>	1,47	
e		0,84-1,1	
$S_r$		0,55-0,61	1.0
$I_L$		-0,25	
c	kPa	35	21
$\phi$	градус	22	16
E	mPa	15	4,9

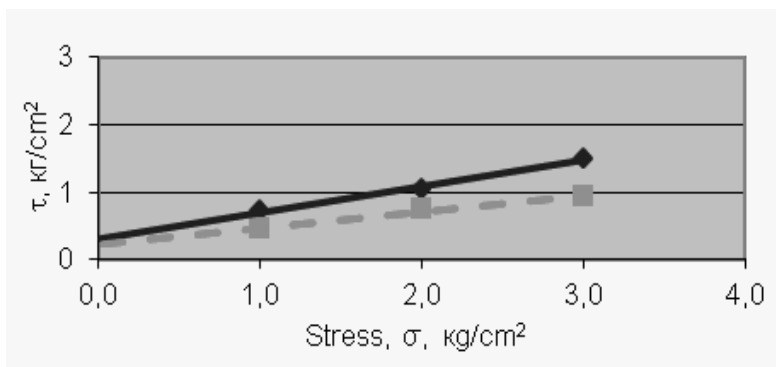


Рис. 2. Графики определения прочностных свойств грунтов до и после и после водонасыщения.

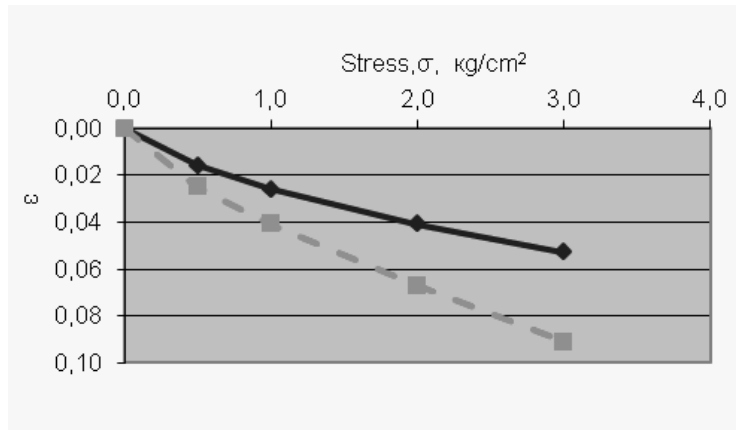


Рис. 3. Графики деформационных свойств грунтов до и после водонасыщения.

### АНАЛИЗ НАПРЯЖЕННО – ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ СКЛОНА ОТКОСА

При оценке напряженно-деформированного состояния откоса склона рассматривалось поведение просадочных грунтов. При этом, просадочные грунты откоса характеризуются: изменчивостью физико-механических свойств (уменьшением пористости, модуля деформации, сцепления, угла внутреннего трения); изменением напряжённого состояния, в связи с их перераспределением после замачивания; изменением слагающих тензора деформаций, в связи с развитием упругопластических и вязкопластических деформаций [3]. При водонасыщении в просадочных грунтах возникает искомое напряжённое состояние, которое в значительной степени отличается от начального. Рассмотрена плоская задача в упруго-пластической постановке с использованием для среды модели Кулона-Прандтля, предполагающая упругое поведение среды при напряжениях ниже предела текучести и равнообъемное (с нулевой дилатансией) пластическое течение при напряжениях на пределе текучести. Напряжения на пределе текучести описываются уравнением Кулона [4,5]:

$$\sigma_{max} = S + \lambda \sigma_{min}, \quad (1)$$

где  $\lambda = \text{ctg}^2(\pi/4 - \varphi/2)$  - коэффициент пассивного давления грунта;  $S = 2 C \text{ctg}(\pi/4 - \varphi/2)$  - предел прочности при одноосном сжатии;  $\sigma_{max}$ ,

$\sigma_{max}, \sigma_{min}$  - максимальное и минимальное главные напряжения.

В области растяжения критерий текучести (разрыва) имеет вид:

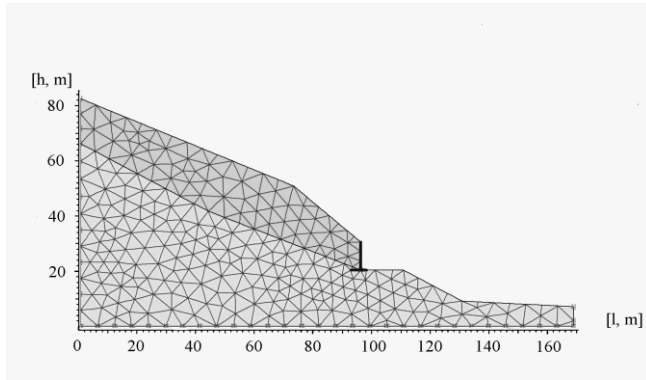
$$\sigma_{min} = -T,$$

где  $T$  - прочность на растяжение, принимаемая в программе, равной  $C/5$ .

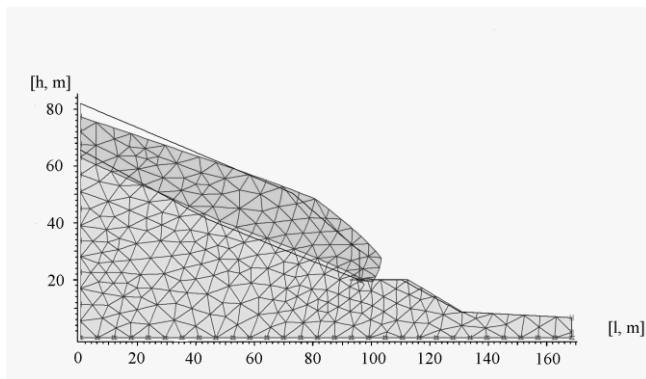
После возникновения разрыва при напряжении  $\sigma = -C/5$ , в дальнейшем анализе прочность элемента на растяжение принимается равной нулю ( $T=0$ ). Упруго-пластическое решение реализовано методом конечных элементов и достигается известным методом "начальных напряжений" с использованием итерационной процедуры Ньютона-Рафсона с неизменной матрицей жесткости, но с переменным вектором нагрузок, пополняемым в ходе итерационного процесса "начальными силами" в пластических элементах [8].

Погрешность в результате расчёта МКЭ складывалась из погрешности дискретизации, обусловленной заменой тела, обладающего бесконечным числом степеней свободы, моделью с конечным числом степеней свободы, и погрешности округления чисел при выполнении вычислительных операций на ЭВМ.[6,7] В результате численного анализа поставленной задачи (рисунок 4. Расчетная схема) получены: искажение конечно-элементной сетки (Рисунок 5), горизонтальные и общие деформации склона при изменении расчетных характеристик просадочных грунтов (Рисунок 6 и 7),

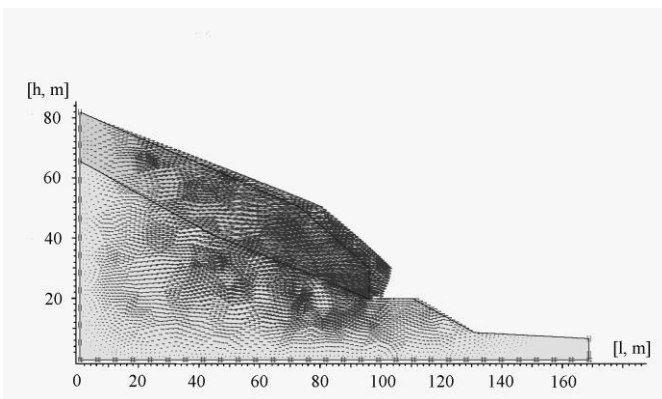
Анализ результатов численного решения при моделировании устойчивости откоса показывает, что наиболее опасными являются развития максимальных горизонтальных деформаций, обусловленные сдвиговыми напряжениями. Зона распространения сдвиговых деформации охватывает большой объём грунтов откоса.



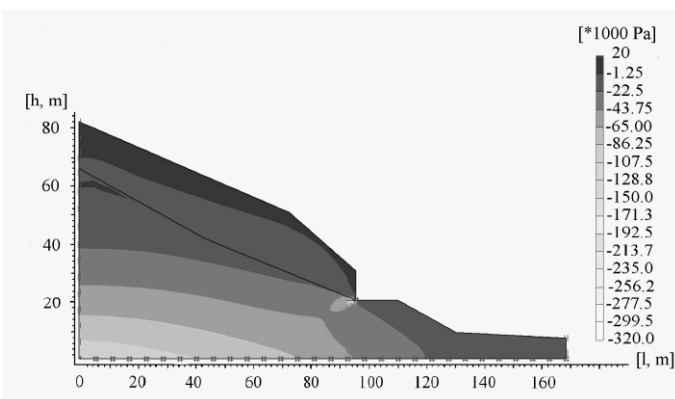
**Рис. 4.** Расчетная схема



**Рис. 5.** Деформированная сетка

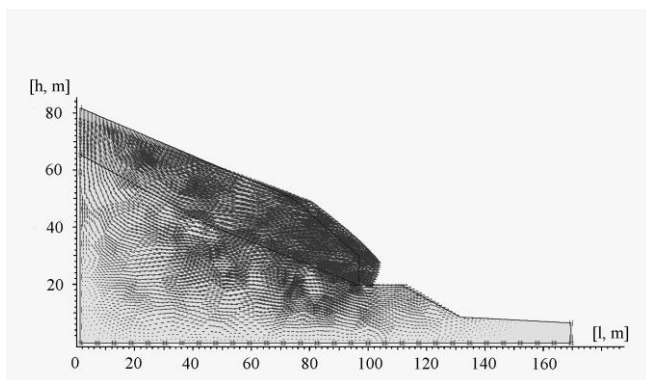


**Рис. 6.** Горизонтальная деформация ( $U_x$ )

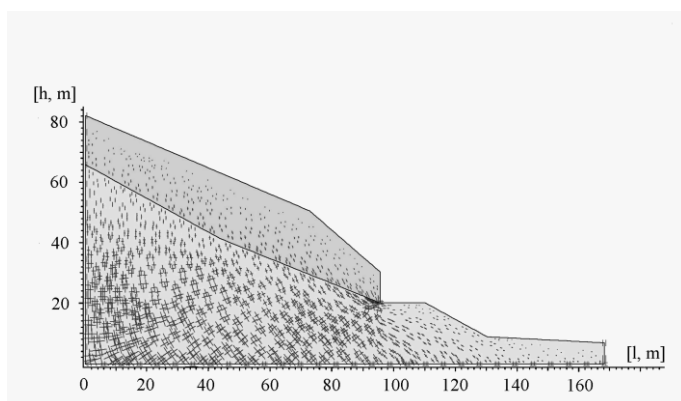


**Рис.7.** Общая деформация ( $U_{tot}$ )





**Рис. 8.** Горизонтальные напряжения



**Рис. 9.** Траектория движения частиц грунта, а также изолинии максимальных (сдвиговых) горизонтальных напряжений (Рисунок 8.) и траектории движения частиц просадочных грунтов (Рисунок 9) при изменении напряженно-деформированного состояния откоса склона.

Просадочные грунты, проседая от собственного веса на склоне, при водонасыщении, ухудшают первоначальное значение сцепления, угол внутреннего трения, модуля деформации, изменяя напряженно-деформированное состояние. Траектории движения частиц просадочных грунтов при изменении напряженно-деформированного состояния откоса, показывают, что движение частиц грунта происходит на границе просадочных и непросадочных суглинков. Расчеты, при численном решении, показывают, что откос склона горы сложенного просадочными грунтами является не устойчивым и скольжение грунта происходит только в объеме просадочных грунтов.

#### **ВЫВОДЫ:**

В геолого-литологическом строении принимают участие нижнечетвертичные эоловые отложения, представленные лессовидными суглинками ( $Q_1$ ).

В результате инструментального обследования склонов, замеров откоса и водоотводных систем, выявлены многочисленные дефекты и повреждения, допущенные в процессе проектирования и строительства, которые влекут угрозу безопасной эксплуатации автомобильной дороги и сооружения [9].

Согласно результатам компрессионных испытаний суглинки, залегающие до глубины 15,5-21,0 м, при замачивании проявляют просадочные свойства. Начальное просадочное давление изменяется от 0,028 до 0,361 МПа (0,112). Расчеты показывают, что величина суммарной просадки составляет 8,8-73,51 см.

Расчёты устойчивости откоса вдоль автомобильных дорог, расположенных у склона горы, проведенные численными методами показали, что в водонасыщенном состоянии грунт является оползневым. Анализ результатов численного решения при моделировании напряженно-деформированного состояния откоса показывает, что наиболее опасным является развитие максимальных горизонтальных деформаций, обусловленных сдвиговыми напряжениями склона откоса.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Das, M. Braja. 1993, "Principles Geotechnical Engineering." *Third Edition. PWS Publishing Company, Boston*, p.672.
- [2] Ухов С.Б et al. Механика грунтов, основания и фундаменты. Москва.
- [3] Малышев М.В. 1994. Прочность и устойчивость основания сооружений. Москва.
- [4] Morgenstern, N.R. & Price, V.E. 1967. A numerical method for solving the equations of stability of general slip surfaces. *Computer Journal*, 9, p.388-393.
- [5] Terzaghi, K. and Peck R. B. 1967. *Soil Mechanics in Engineering Practice. Wiley, New York.*
- [6] Фадеев А. Б. 1987. Метод конечных элементов в геомеханике. *Недра*. Москва. p.224.
- [7] Парамонов В.Н. 2012. Метод конечных элементов при решении нелинейных задач геомеханики. *Группа Компаний «Геоинженерия»*. Санкт-Петербург.
- [8] Brinkgreve R.B.J et al. 1997. *PLAXIS, Version 8. Balkema.*
- [9] Жакулин.А.С. 2015. Деформируемость грунтов водонасыщенных оснований. *LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrücken.*

Жамбакина З., Жакулин А., Жакулина А.

**Кернеулі деформацияланған күйін талдау.**

**Түйіндеме.** Мазмұндама: жер қабаттарын тірейтін қабырғалары сулауды ықпалының нәтижелері. Ол көлденең деформация даму қаупі ығысу кернеулер туындайды.

**Түйінді сөздер:** бурайы, шөгуді, стресс деформацияланған күйі, пластикалық ағыны.

Zhambakina Z., Zhakulin A., Zhakulina A.

**Analysis of stress strain state of repose**

**Summary:** The article demonstrates the research results of the effect of slope soil saturation on the building's retaining walls in Alatau mountains. It was found that in the stage of full saturation, soil becomes landslide and the maximal growth of horizontal deformations is the most cautious which is being caused by the sheer stress of the slope.

**Key words:** slope, subsidence, stress-strained state, plastic flow.

УДК 62.711

**Н.Ф. Серік**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, serik.nurzhan@list.ru)

**ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ**

**Аннотация.** Исследована система охлаждения и световые характеристики светодиодного светильника, функционирующая по принципу тепловой трубы. Приведено описание измерительного прибора, методика и результаты испытаний при потребляемой электрической мощности 78,2 Вт. Показано, что рассмотренная система охлаждения обеспечивает заданный температурный режим светодиодов.

**Ключевые слова:** светодиод, система охлаждения, тепловая труба.

В качестве энергосберегающих светильников сегодня все чаще применяются светодиодные осветительные приборы. Такие приборы являются перспективными, прежде всего, при использовании их в промышленных и общественных объектах, что связано с рядом преимуществ светодиодов—обеспечивая высокую освещенность, они потребляют мало энергии, позволяют получить любой необходимый цвет излучения и, кроме того, имеют продолжительный срок службы. Производители светодиодов сегодня заявляют о 100 000 часов или 11 годах непрерывной их работы. Благодаря отсутствию стеклянной колбы светодиоды очень надежны и механически прочны. Среди прочих положительных качеств светодиодов можно выделить их миниатюрность и безопасность, связанную с работой при низком напряжении и с малым выделением тепла в потоке излучения, т. е. в инфракрасном диапазоне спектра. При этом, однако, доля электрической энергии, идущей на генерирование тепла в р—n-переходе, значительна [1]. Поэтому существует значительное выделение тепла в зоне кристаллов светодиодов.

С появлением мощных (100 Вт и выше) осветительных приборов на основе светодиодов эффективный отвод тепла стал очень важным фактором обеспечения их нормальной работы, т. к. при перегреве снижается световой поток светодиода, ухудшаются световые характеристики и уменьшается срок службы. Основным и определяющим параметром при тепловых расчетах светодиодов является температура р—п-перехода, которая не должна превышать максимально допустимую, выше которой в полупроводнике происходят процессы, ведущие к некорректному функционированию, а в дальнейшем — к преждевременному выходу устройства из строя[2].

Температура кристалла, определяющая параметры светового потока, цвет излучения и напряжение прямого смещения светодиода, зависит от температуры окружающей среды и нагрева протекающим электрическим током[3].

Световой поток  $\Phi$  как функция температуры рассчитывается по следующей формуле:

$$\Phi v(T_j) = \Phi v(T_2) e^{-k\Delta T_j}, \quad (1)$$

$$\Phi v(T_1) = \Phi v(T_2) e^{-k\Delta T_j},$$

где  $T_1$  — световой поток при  $T_j$  1;  $T_2$  — световой поток при  $T_j$  2;  $k$  — температурный коэффициент;  $\Delta T$  — разность температур  $T_j$  ( $T_2 - T_1$ ).

Пример старения в результате повышения температуры приведен на рис. 1. Кривая показывает, что при росте температуры с 25 до 75 °С световой поток уменьшается почти вдвое.

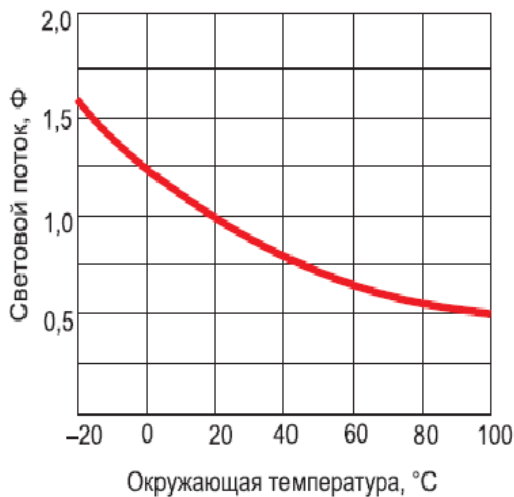
Известные формулы теплотехники и экспериментальные наблюдения за регулированием температурных режимов позволили глубже понять механизм потерь мощности излучения, обусловленных разностью температур:

$$R_{thja} = (T_j - T_a) / P = ((\Delta T_j - T_a) - T_a) / P = \Delta T_{ja} / P, \quad (2)$$

где  $T_j = \Delta T_j + T_a$ ;  $R_{thja}$  — потери, обусловленные разностью температур между переходом и окружающей средой;  $T_j$  — температура р-п-перехода;  $T_a$  — температура окружающей среды;  $P$  — полная мощность светодиода ( $I_f \times V_f$ ).

На практике фактическое значение температуры р-п-перехода рассчитывается следующим образом:

$$T_j = R_{thja} \times P + T_a$$



**Рис. 1.** Зависимость светового потока от окружающей температуры для красного светодиода при неизменном токе (по документам, предоставленным компанией Lumileds)

В нынешних осветительных приборах применяются естественные и принужденные устройства охлаждения, основанные на основе методах отвода тепла теплопроводностью и конвекцией для осветительных приборах.

Естественные системы охлаждения — металлические радиаторы — это, пожалуй, самый важный элемент в системе охлаждения светодиода; он отводит тепло от печатной платы или напрямую от светодиода, и рассеивает тепло в воздухе. К радиатору предъявляются следующие требования: материал радиатора должен быть с высоким значением теплопроводности, площадь поверхности радиатора должна быть максимальной.

Существует множество вариантов принудительного охлаждения — от кулеров до водяного охлаждения. Если применение активного охлаждения неизбежно, следует учесть то, что светодиоды могут работать в течение десятков...сотен тысяч часов, поэтому следует предусмотреть наличие системы защиты светодиодов от перегрева при выходе из строя устройств активного охлаждения, иначе выход из строя устройств принудительного охлаждения практически сразу же повлечет за собой выход из строя светодиода из-за перегрева. Помимо срока службы, важными параметрами являются эффективность, надежность, низкий уровень шума, цена, удобство при обслуживании, потребляемая

мощность. Зачастую устройства принудительного охлаждения требуют дополнительного питания, это приводит к снижению КПД системы в целом.

Все это побуждает к поиску альтернативных эффективных систем охлаждения. Проведенные ранее исследования других авторов, в которых сравнивались различные системы охлаждения для радиоэлектронной аппаратуры, свидетельствуют о высокой эффективности применения тепловых труб для отбора теплоты и поддержания теплового режима электронных устройств[3]. Такой подход возможен и для светодиодных осветительных приборов. Например, производитель [4] применяет целый ряд технических решений с использованием тепловых труб для охлаждения светодиодов, по принципу тепловой трубы устроена система охлаждения светодиодного светильника[5]. В настоящей работе исследованы тепловые режимы последней, а также проведено ее сравнение с конструкцией на основе радиаторного профиля, имеющего идентичную геометрию и площадь поверхности.

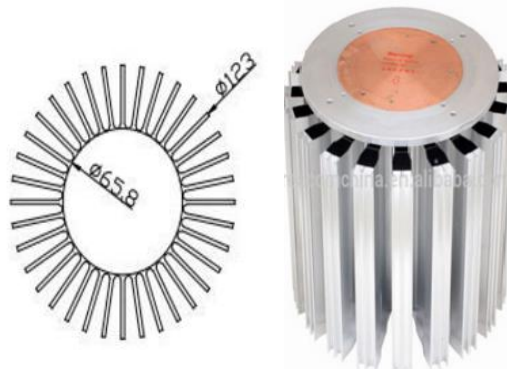


Рис. 2. Внешний вид светильника с системой охлаждения

Рассматриваемая система охлаждения представляет собой оребренный полый цилиндр высотой 170 мм, диаметром 65,8 мм, изготовленный из алюминиевого сплава 6060. В нижней части конструкции и установлены светодиоды (1 светодиодная матрица), как это показано на рис.2. Потребляемая светильником электрическая мощность составляет 78 Вт, выделяемая тепловая мощность — 95 Вт и световой поток – 1708,59 Лм. Температура поверхности монтажа светодиодов не должна превышать 90°C при температуре окружающей среды до 25°C.

Система охлаждения работает как «паровая камера»: ее герметичный корпус заполнен теплоносителем, который находится в парожидкостном состоянии, и перенос теплоты происходит благодаря непрерывному внутреннему испарительно-конденсационному циклу. То есть, паровая камера представляет собой так называемый сверхпроводник тепла, обеспечивая мгновенную передачу теплоты от зоны подвода в зону охлаждения и почти равномерное распределение температуры по поверхности камеры [6].

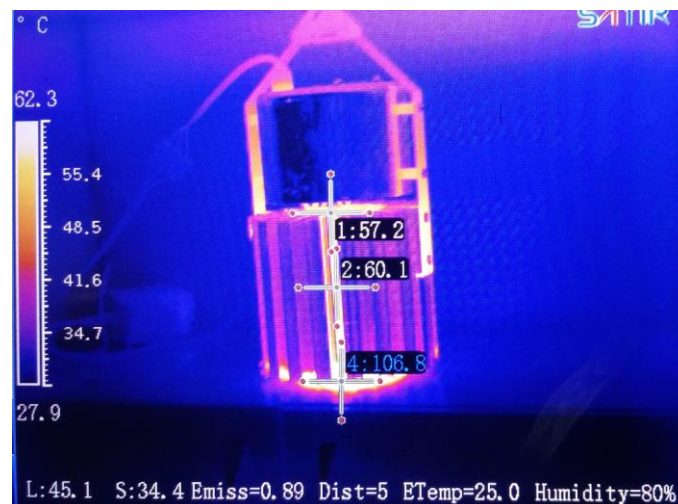
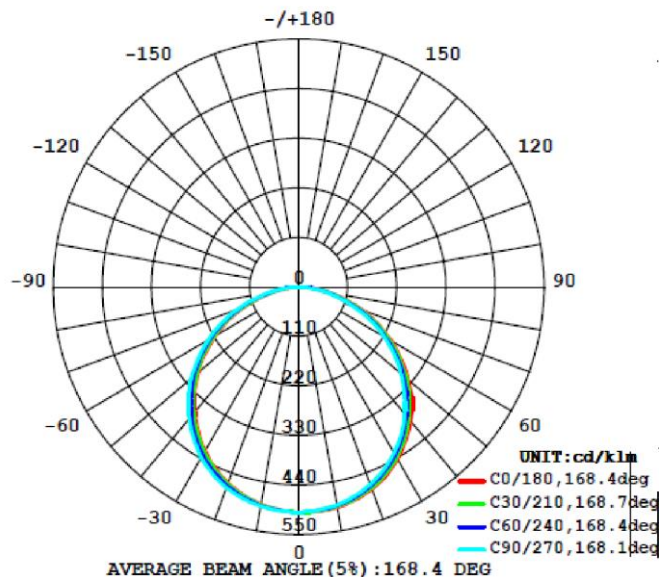


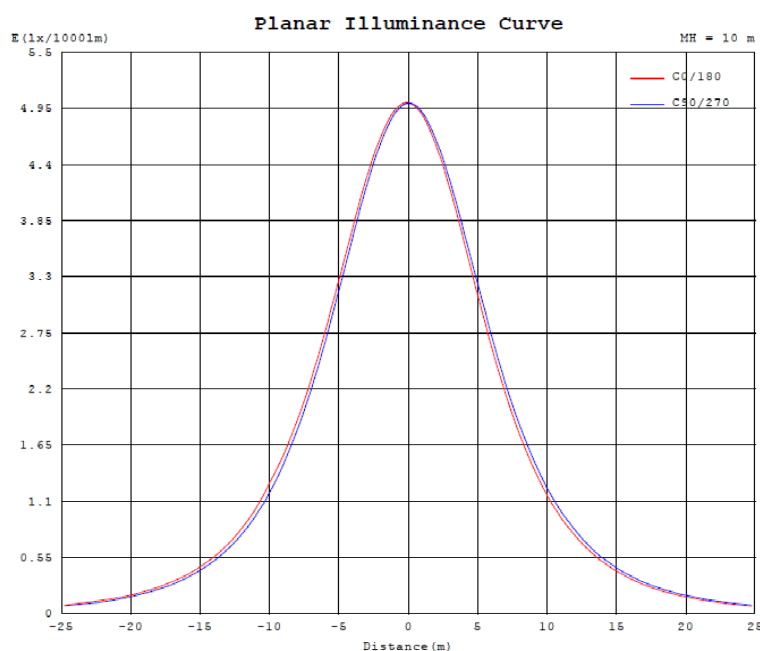
Рис 3. Снимок профиля радиатора тепловизором.

Для проведения исследования были использованы инфракрасная камера G-96 и СТ400

блок управления гониофотометром. Во время проведения опытов на гониофотометре температура окружающей среды составляла  $21 \pm 0,5^\circ\text{C}$ . На измерительной установке были заданы электрические параметры: ток - 0,7014 А, напряжение – 220,5 В. Детектор гониофотометра был расположен на расстоянии от осветительного прибора на 2,6 м.



**Рис 4.** Световой поток осветительного прибора



**Рис 5.** Кривая освещенность осветительного прибора

Исследования показали, что в стационарном режиме значения температуры поверхностей в зоне конденсации и в зоне испарения составляют, соответственно, 57 и 60 $^\circ\text{C}$  а для радиаторного профиля — 109  $^\circ\text{C}$ . При этом, как было сказано выше, светодиоды расположены на монтажной плате, тепловое сопротивление которой вызывает дополнительный рост температуры еще на 5 $^\circ\text{C}$ . Это означает, что температура в зоне монтажа светодиода при применении радиаторного профиля составит 106 $^\circ\text{C}$  при допустимом значении 90 $^\circ\text{C}$ .

Таким образом, использование системы охлаждения «тепловой трубы» для обеспечения заданного температурного режима осветительных приборов имеет существенное преимущество при необходимости повышения общей электрической мощности светильника при постоянных геометрических и весовых характеристиках.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] [ht tp://www. lighting.philips.com/ru\\_ru/ lightcommunity/trends/led/anatomy/heat.wpd](http://www.lighting.philips.com/ru_ru/lightcommunity/trends/led/anatomy/heat.wpd)
- [2] Лотар Ноэль Охлаждение и регулирование температурных режимов светодиодов
- [3] Руденко Н. М., Гурба О. В. Аналіз тарозрахунок теплового режиму потужних світлодіодів// Вісник НТУУ «КПІ». Серія: Радіотехніка. Радіоапарат обудування.— 2010.— №41.— С. 115—120. [Rudenko N. M., Gurba O. V. // Visnik NTUU «KPI». Seriya: Radiotekhnika. Radioaparatabuduvannya. 2010. N 41. P. 115]
- [4] Christopher A. Soule. Heat pipe reliability in high-power applications // Power Electronics Technology. — August 2004.— P. 40—44.
- [5] Пат. 40882 України. Світлодіодний освітлювальний пристрій/ В. М.Стожок, О. І. Загуляев.— 2009.— Бюл. №8. [Pat. 40882 Ukrayini. / V. M.Stozhok, O. I. Zagulyayev. 2009. Byul. №8]
- [6] Reay D. A., Kew P. A. Heat pipes.— Oxford: Butterworth-Heinemann, 2006.
- [7] А. Б. Рассмакин, Е. В. Быков, С. М.Хайрнасов, Б. М. Рассмакин. Тепловые режимы характеристики системы охлаждения светодиодного светильника на основе тепловой трубы Украина, НТУУ «Киевский политехнический институт».

Серік Н.Г.

**Жылулық құбыр негізінде жасалған суыту жүйесі бар жарық диодты шаманың жылулық режимдері мен жарық сипаттамалары**

**Түйіндеме.** Жылулық құбыр негізінде жасалған суыту жүйесі жарық диодты шамына орналастырылып жылулық режимдері мен жарық сипаттамалары зерттелінді. Электрлік қуаты 78,2 Вт тұтыну кезіндегі өлшегіш аспаптың сипаты, әдісі және нәтижесі көрсетілген. Өлшеу нәтижелеріне сәйкес, қарастырылып отырған жылулық құбыры негізінде жасалған суыту жүйесі бар жарық диодының шаманың үйлесімді температуралық режимін қамтамасыз етеді.

**Түйін сөздер.** Жарық диоды, суыту жүйесі, жылулық құбыры.

Serik N.G.

**Thermal modes and light characteristics of the cooling system of the led lamp based on the thermal pipe**

**Summary.** This reports describes a cooling system and light characteristics of the LED lamp, functioning on the principle of a heat pipe. The description of the measuring device, the procedure and the test results at the consumed electric power of 78.2 W. It is shown that the considered cooling system provides the optimally set temperature regime of the LEDs.

**Key words:** LED, cooling system, heat pipe

УДК 621.311

**Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина**  
(Рудненский индустриальный институт, город Рудный, Костанайская область,  
Республика Казахстан, aset85@mail.ru)»

**АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

**Аннотация:** Проведен анализ работ в области моделирования систем электроснабжения. Определены достоинства и недостатки и предложена новая классификация систем электроснабжения промышленных объектов с целью проведения энергосберегающих мероприятий по экономии электрической энергии.

**Ключевые слова:** моделирование, анализ электропотребления, расход электрической энергии, уровень, математическая модель.

Моделирование является важной составляющей научных исследований. В настоящее время для анализа и синтеза сложных технологических процессов на электротехнических и геомеханических комплексах, при конструировании и разработке электрических схем и устройств электроэнергетических систем используются физические и математические модели.

Потребность в моделях возникает, когда непосредственное исследование системы невозможно, затруднительно или дорого. Модельное воспроизведение целесообразно, когда проведение эксперимента «на натуре» практически неосуществимо из-за чрезмерной длительности эксперимента во времени. Модель используется, когда численное решение систем дифференциальных уравнений невозможно. Принципы моделирования использовались И.П. Кулибиным. Фурье представил работу «Аналитическая теория электропро-

водности», Бертран использовал метод подобных преобразований. Вопросами моделирования занимались М.А. Гершензон, В. Штофф, Лагранж, А.Н. Колмогоров, С. Бир, Н.И. Овчаренко, С.Г. Герман – Галкин, А.Ф. Дьяков., Некрасов, Г.В. Венников, Н.Ф. Ильинский и др.

Теория подобия успешно используется для физического моделирования. Для исследования более сложных систем – энергетических комплексов, производственных объединений рекомендуются методы математического моделирования. Для этих сложных комплексов модель рассматривается как система математических соотношений. Известны два способа математического моделирования – аналитический, предполагающий возможность точного математического описания системы и статистический, позволяющий получить вероятностное распределение решений. Теория подобия и теория моделирования являются методологией эксперимента.

В настоящее время известна следующая классификация моделей:

- модели материальные и идеальные, полные и неполные;
- модели для решения отдельных задач управления и системы математических моделей, отражающих в целом процесс оптимального управления: энергосистемы страны, электросистемы района, электроснабжение узлов;
- по цели и характеру использования различают модели с отсутствием управления, оптимизационные, расчетные, игровые, имитационные;
- модели с различным содержанием решаемых задач;
- по способу учета информации различают модели линейные и нелинейные, статические и динамические, детерминированные и вероятностные;
- по уровню агрегирования бывают – макро- и микромодели.

Модели энергетических систем являются неполными, не могут отразить все свойства и связи в большой системе. Математическая модель энергетической системы – всегда является только приближенным отображением реальной системы, что усложняет задачи математического моделирования больших систем.

Для сложных систем решение задач управления Сибикин М.Ю. и Островский Г.М. предлагают решать как сочетание задач оптимального управления отдельными составляющими и системой в целом. Рекомендуют рассматривать сложные энергетические системы или производственные объединения как имитационные модели, получать непрерывную информацию о системе, и оптимально управлять протеканием процессов. Применение имитационных моделей реализуется по направлению получения экспертных оценок и обработки результатов статистическими методами.

Использование многоуровневых моделей для сложных систем является альтернативным подходом. Для электротехнических и геомеханических комплексов предлагается многоуровневая модель – имитационная модель. Для энергетических систем рекомендуют статистические модели. Такая модель, позволяющая решить конкретную задачу, не дает возможности получить уравнение, связывающее параметр оптимизации с независимыми переменными. При построении математической модели используют методы активного планирования эксперимента – метод Бокса-Уилсона.

Большие энергетические системы, включающие несколько карьеров, заводов и источников питания электрической энергии, сложны для количественных измерений. В работах ученых предлагается эквивалентировать подобные системы, т.е. использовать декомпозицию (расчленение общей задачи на подзадачи, на отдельные части) и агрегирование (сокращение объема исходной модели, за счет исключения несущественных связей системы). Этот путь позволяет свести решение сложной задачи, к простой.

Согласно работам Н.Ф. Ильинского, рекомендуются системы линейных и нелинейных алгебраических уравнений. Моделирование предполагает изучение моделируемой системы; создание объекта с заданными свойствами, то есть математическое описание системы; определение последствий воздействия на объект и составление алгоритма; составление и решение уравнений; разработка программы для ЭВМ.

Несмотря на проведенный анализ по исследуемой тематике, вопрос остается актуальным. Этапы моделирования сложных систем возможно представить в следующем виде (рисунок 1). В сложившихся условиях целью проводимого авторами исследования станет выявление специфических и общих проблем и определение методов их решения в условиях внедрения элементов Индустрии 4.0 в РК на основе проведения энергосберегающих мероприятий по экономии электроэнергии.

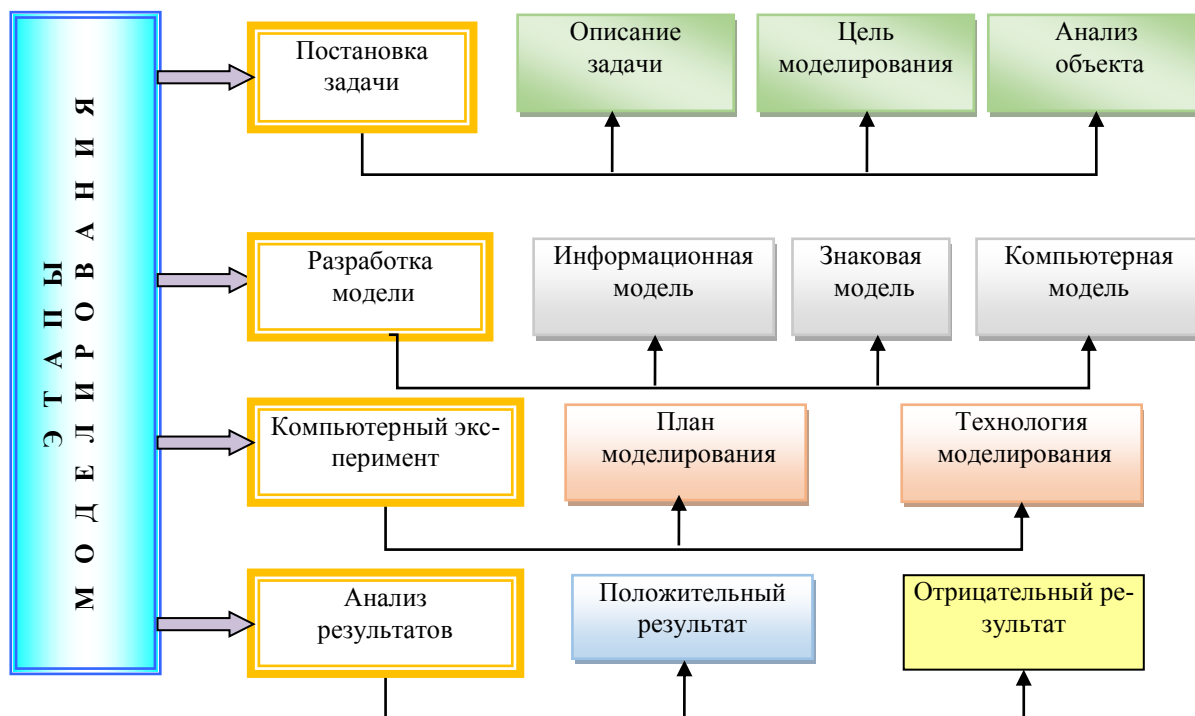
Исходя из проанализированных в литературе подходов к декомпозиции сложной системы, выбора признаков классификации, удобных для последующего рассмотрения задач предлагается новая классификация систем электроснабжения объектами по признаку: «масштаб» и «профиль» [1-3]. В дальнейшем будем называть модели по этим признакам как «масштабные» и «профильные» модели, а представление функций системы в первом случае как «масштабное моделирование», а во втором – «профильное моделирова-



ние». Предлагается разработать систему классификации моделей систем электроснабжения (рисунок 2, 3) электротехнических и геомеханических комплексов с использованием масштабного и профильного моделирования представляющая собой:

- масштабное моделирование объектов;
- профильное моделирование объектов;

Значимостью исследований является то, что характеризуется повышением качества прикладных исследований, внедрение исследования в практику, дающая возможность изучать электротехнические и геомеханические комплексы.



**Рис. 1.** Этапы моделирования сложных систем

Выполненная работа имеет экономическую заинтересованность, позволит определить, сократить расход электроэнергии и применить на производстве энергосберегающие мероприятия по экономии электрической энергии, во всех уровнях системы электроснабжения

Внедрение элементов Индустрии 4.0 в РК включает: выработку рекомендаций по стимулированию предприятий страны для внедрения элементов новой промышленной революции, отбор предприятий по реализации пилотных проектов развития Индустрии 4.0 (проведение энергосберегающих мероприятий по экономии всех видов энергоресурсов).

При переходе к новой модели производства необходимо:

- высвобождение низкоквалифицированных работников на основе проведения автоматизации, учета и контроля электропотребления и повышения эффективности производства;
- дефицит высококвалифицированных специалистов в электротехнических и геомеханических комплексах;
- отсутствие инвестиций для реализации программ технологической модернизации; на производстве;
- не возможность получения доступа к важным технологиям с целью создания и развития элементов Индустрии 4.0.

Для решения поставленных выше задач необходим научно обоснованный механизм для эффективного использования научно-технического потенциала, сырьевых производственных ресурсов в электротехническом и геомеханическом комплексе, с целью проведения энергосберегающих мероприятий по экономии всех видов энергоресурсов.

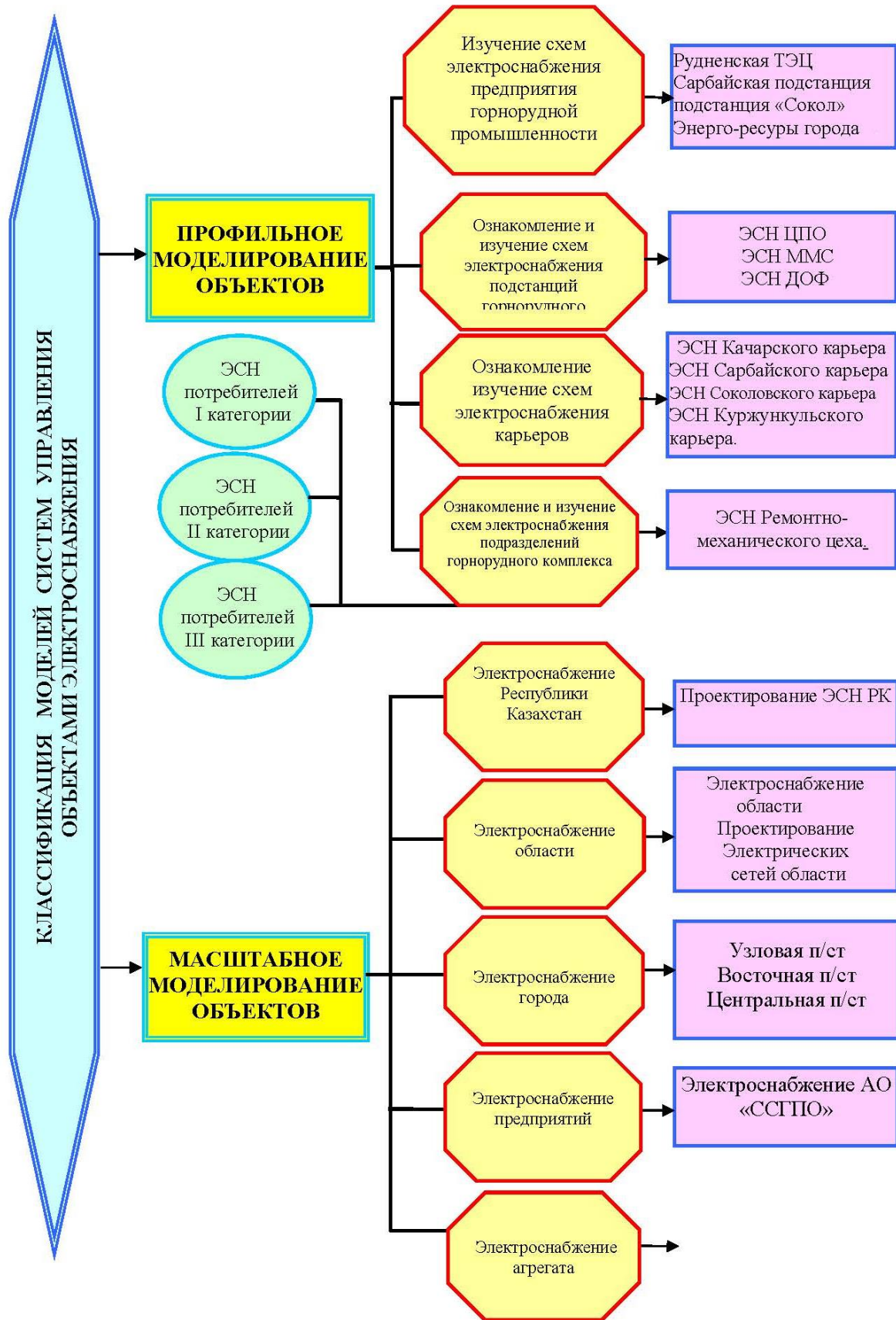


Рис. 2. Классификация моделей сложных систем объектов электротехнического и геомеханического направления



Рис. 3. Масштабное моделирование объектов электротехнического и геомеханического комплекса

**Вывод:**

- предполагается разработать новый подход в классификации систем электроснабжения промышленных предприятий;
- на основе разработанной классификации систем электроснабжения в электротехнических и геомеханических комплексах будет применен новый подход по моделированию систем электроснабжения промышленных объектов с целью определения потерь электрической энергии.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Хабдуллина, З.К. Граф схемы системы классификации электроснабжения / З.К. Хабдуллина // Научно-технический сборник Новости Казахстана. – Алматы, 2007. - № 1. – С.63-65
- [2] Хабдуллина, З.К. Применение сетей Петри для системы управления объектами для промышленного и горнотехнического комплекса / З.К. Хабдуллина // Наука и новые технологии. Бишкек. - №6, 2012г. – С.76-82.
- [3] Хабдуллина, З.К. Создание математической модели для системы классификации промышленных и горнорудных предприятий / З.К. Хабдуллина // Известие вузов. Бишкек, 2012. - №6. – С.63-67.

Әсет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина

**Тау-кен механикалық кешендердің электрмен жабдықтау жүйесінің үлгіленуін сараптау**

**Түйіндемe:** Мақалада ауқымды және өнеркәсіптік модельдеу, электрмен жабдықтау жүйелерін жіктеу әзірленді, мүмкіндік беретін энергия тұтынудың бөлімшелері өнеркәсіптік объектілер көрсетті.

**Кілтті сөздер:** үлгілеу, электр тұтыну сараптамасы, электр энергиясының шығыны, деңгейі, математикалық үлгілеу.

Asset B. Khabdullin, Z.K. Khabdullina, Arman B. Khabdullin, G. A. Khabdullina

**Analysis of modeling of systems of power supply of geomechanical complexes**

**Summary:** Classification of power supply systems, to analysis of power consumption units of the industrial sites showed the article large-scale and industrial modeling

**Key words:** modeling, analysis of power consumption, electricity consumption, level, mathematical model.

УДК 665.637.6.092.5

**С.Т. Танашев, М.Ж. Идирисов, Е.К. Калдыгозов, Ж.Т. Албаева, А.С. Танашев, А.М. Жолдасбек**  
 (Южно Казахстанский государственный университет имени М.Ауезова,  
 Шымкент, Республика Казахстан, [tanashev56@mail.ru](mailto:tanashev56@mail.ru) [Imzh68@mail.ru](mailto:Imzh68@mail.ru))  
 (Казахский национальный исследовательский технический университет им.К.Сатпаева,  
 Алматы, Республика Казахстан, [albaeva@inbox.ru](mailto:albaeva@inbox.ru))

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ КЫЗЫЛКИЯНСКОЙ НЕФТИ С ДОБАВКОЙ ЛЕГКОЙ ГАЗОЙЛЕВОЙ ФРАКЦИИ НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД

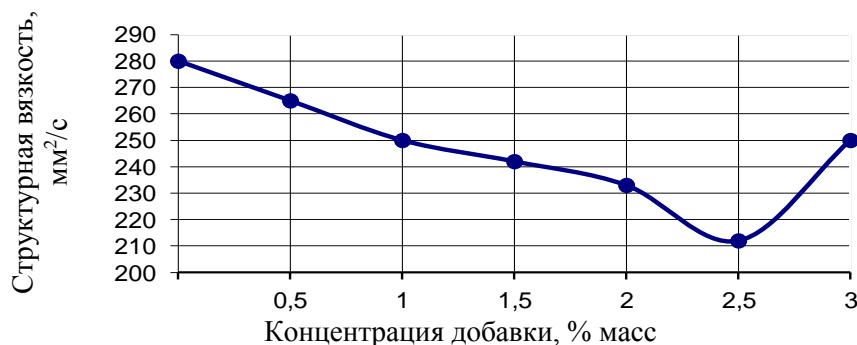
**Аннотация.** В ближайшие годы в нефтяной промышленности, возможно будут внедрены альтернативные топлива и сырье. Это позволит несколько расширить ресурсы сырья нефтетехнологических установок за счет выработки новых видов газойлевых фракций.

Дефицит сырья процесса каталитического крекинга может быть ликвидирован лишь за счет привлечения газойлевых фракций нефтебитуминозных пород и других отходов нефтепереработки. Поэтому особенно актуально проведение широких исследований, которые позволят несколько расширить ресурсы сырья, за счет использования газойлевых фракций нефтебитуминозных пород, путем смешения их с обычным сырьем каталитического крекинга. В этой связи подготовка сырья является одним из основных вопросов интенсификации процесса каталитического крекинга.

**Ключевые слова:** активирующие добавки, катализат, смола, вакуумный газойль, мазут, коксоотложение, селективность, каталитический крекинг, непредельные углеводороды.

В ближайшие годы на Шымкентском нефтеперерабатывающем заводе войдет в строй установка каталитического крекинга Г-43-107М/1. Поэтому особенно актуально проведение широких исследований вакуумных газойлей Казахстанских нефтей и легкой газойлевой фракции нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП) в процессе каталитического крекинга.

Опытам каталитического крекинга вакуумных газойлей с активирующими добавками всегда предшествовали исследования кинетической устойчивости исходных смесей сырья. Важность учета кинетической устойчивости сырья нефтетехнологических процессов при его переработке показана ранее [1-6]. Результаты этих работ свидетельствуют о том, что сырье, характеризующееся как наиболее кинетически устойчивое, при крекинге дает наименьшее количество кокса. Исследования устойчивости смесей вакуумного газойля с ЛГФНБП выполнялись по специально разработанной методике [3-4]. В соответствии с этой методикой определялась структурная вязкость смесей вакуумного газойля Кызылкиянской нефти с газойлевой фракцией НБП при температуре 34 °С (при этой температуре сырье крекинга находилось в дисперсном состоянии). Зависимость структурной вязкости системы – вакуумный газойль Кызылкиянской нефти (ВГКЗН) – ЛГФНБП от концентрации последней изображена на рисунке 1. Как видно, кривая носит явно выраженный экстремальный характер. Введение ЛГФНБП в вакуумный газойль в количестве до 2,5% масс, снизило вязкость системы на 63 мм<sup>2</sup>/с.



**Рис. 1.** Зависимость структурной вязкости вакуумного газойля Кызылкиянской нефти при концентрации добавки ЛГФНБП

Дальнейшее увеличение количества ЛГФНБП в смеси сырья привело к повышению вязкости системы. Наблюдаемое изменение вязкости системы можно объяснить следующим образом: при введении в газойль небольших количеств добавки происходит изменение растворяющей силы дисперсионной среды, что сказывается на силах межмолекулярного взаимодействия в дисперсной фазе.

Падение вязкости системы с 278 до 215 мм<sup>2</sup>/с вызвано уменьшением размеров надмолекулярных структур до минимума. Система вакуумный газойль – 2,5 % ЛГФНБП является более упорядоченной по сравнению с другими смесями и не расслаивается на фазы в течение длительного времени, что характеризует ее как наиболее кинетически устойчивую. Добавление ЛГФНБП в систему в количествах выше 2,5 % повысило вязкость, что обусловлено увеличением размеров надмолекулярных структур и уменьшением толщины сольватного слоя. Устойчивость против расслоения такой системы снижается.

Выполненные исследования по структурной вязкости смеси сырья с добавкой позволяют предположить, что при крекинге смеси вакуумного газойля с 2,5 % ЛГФНБП минимальное коксообразование связано с ростом ее кинетической устойчивости.

Данные опытов каталитического крекинга смесей вакуумного газойля с ЛГФНБП при оптимальной температуре 490 °С приведены в таблице 1.

Таблица 1. **Влияние добавки ЛГФНБП на каталитический крекинг вакуумного газойля Кызылкиянской нефти**

Концентрация добавки % масс	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	2,5 <sup>x</sup>	3,0
Выход продуктов крекинга, % масс на исходное сырье:								
Газ	17,5	17,8	17,6	17,2	17,2	17,6	17,6	17,9
Бензин	41,3	40,7	41	41,7	40,8	41,2	41,4	41,1
Легкий каталитический газойль	20,3	19,8	19,5	19,9	20,5	20,1	19,9	20,0
Тяжелый каталитический газойль	13,3	14,4	14,4	14,5	15,3	15,3	15,8	13,1
Кокс	7,6	7,3	7,1	6,7	6,2	5,8	5,3	7,9
Конверсия, % масс	66,4	65,8	65,2	65,6	64,2	64,2	64,3	66,9
Селективность /бензин:кокс/	5,4	5,6	5,8	6,2	6,8	7,4	7,8	5,2

На рисунке 2 представлена зависимость выхода продуктов крекинга от концентрации ЛГФНБП в сырье. Из этих данных следует, что выходы газа, бензина, а также легкого каталитического газойля меняются незначительно. Выходы кокса и тяжелого каталитического газойля имеют экстремальный характер и антибатны друг другу. Минимальный выход кокса – 5,3 % и максимальный выход тяжелого каталитического газойля – 16,8 % масс имеют место при крекинге сырья, содержащего в своем составе 2,5 % ЛГФНБП.

Селективность процесса максимальна при введении 2,5 % ЛГФНБП в сырье крекинга. Аналогичный характер имеют кривые зависимости селективности процесса и выхода тяжелого каталитического газойля от концентрации добавки в сырье. Несмотря на очевидную эффективность использования добавок ЛГФНБП при крекинге происходит снижение конверсии сырья.

Основные показатели качества продуктов каталитического крекинга, полученных при использовании в качестве сырья вакуумного газойля с добавкой в ней легкой газойлевой фракции нефтебитуминозных пород приведены в таблице 2.

Перепад вязкости между исходным и минимальным уровнем является важным показателем эффективности добавки. Чем больше перепад, тем выше эффективность добавки. При этом можно сравнивать добавки при условии постоянства состава сырья и температуры определения вязкости.

В случае использования в качестве добавки легкой газойлевой фракций нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП) для снижения вязкости системы на 63 мм<sup>2</sup>/с было необходимо ввести ее в количестве 2,5 % масс. Судя по результатам исследования структурной вязкости вакуумного газойля и смеси его газойлевыми фракциями нефтебитуминозных пород, можно говорить о целесообразности использования подобных смесей.

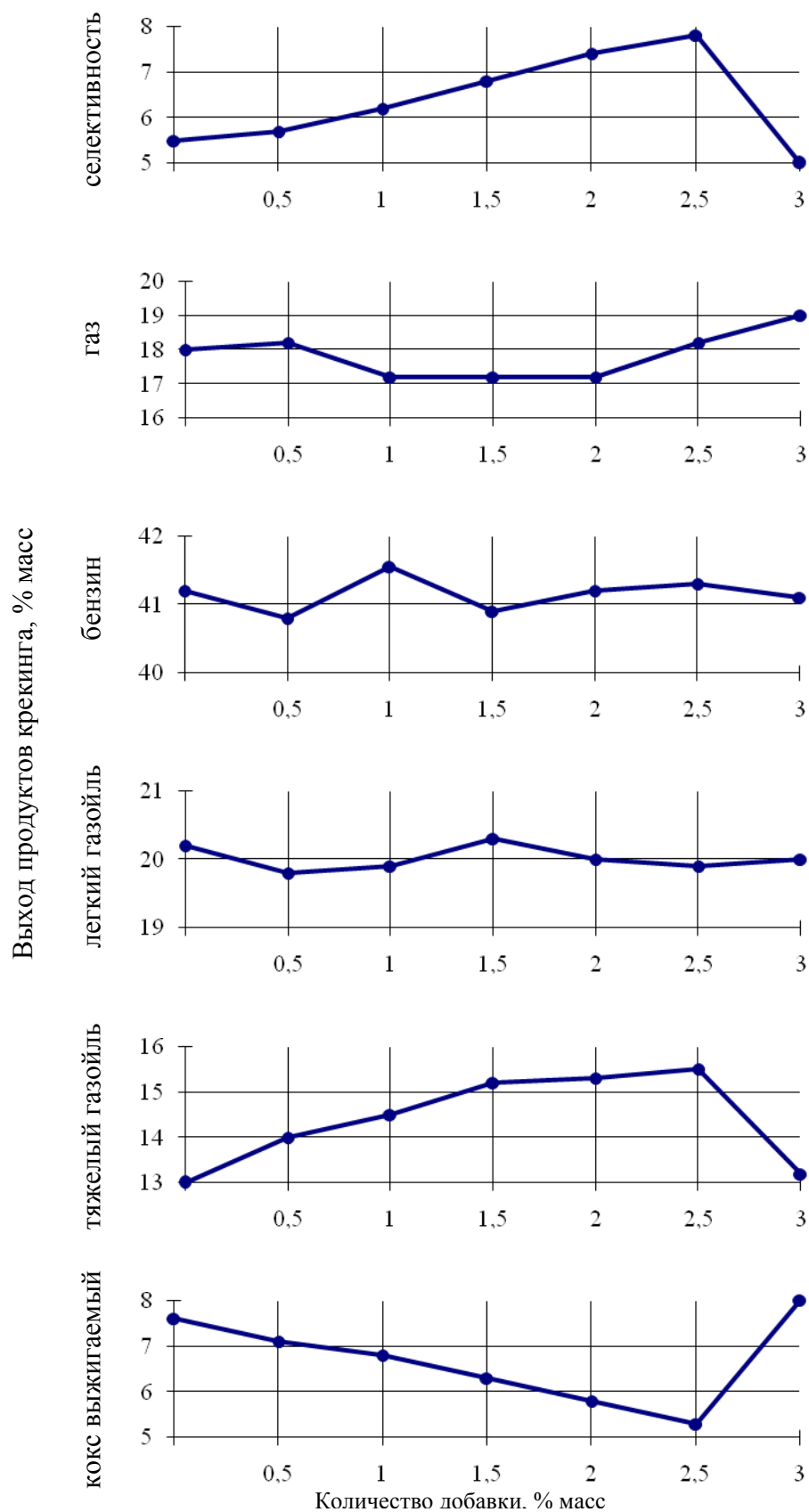


Рис. 2. Зависимости выходов продуктов крекинга вакуумного газойля Кызылкиянской нефти и селективности процесса от добавки легкой газойлевой фракции нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП)

Таблица 2. **Качество продуктов крекинга вакуумного газойля Кызылкиянской нефти в присутствии легкой газойлевой фракции нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП)**

Количество добавки	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Газ							
Выход, % мас	17,6	17,8	17,2	17,2	17,2	17,6	17,9
в том числе							
H <sub>2</sub> -C <sub>2</sub>	3,48	3,63	3,32	3,22	3,06	2,84	3,18
C <sub>3</sub>	4,2	4,48	4,34	4,76	3,78	4,40	4,18
C <sub>4</sub>	9,33	9,18	9,02	8,69	9,88	9,78	9,95
Олефины C <sub>3</sub> -C <sub>4</sub>	6,82	6,66	6,75	6,30	6,98	6,83	7,16
Бензин, (н.к. – 195 °С)							
плотность при 20 °С	765,5	765,1	766,0	765,3	765,5	765,2	765,3
	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
содержание серы %, мас.	20,6	21,3	19,0	18,5	18,2	17,3	22,1
групповой углевод. состав %, мас.	49,8	49,0	49,2	50,6	52,3	54,0	48,3
	29,6	29,7	31,8	31,9	29,5	28,7	29,6
-олефины							
-ароматические	88,8	-	-	-	-	88,9	-
парафино-нафтеновые							
Легкий газойль (195-270 °С)							
плотность при 20 °С, кг/м <sup>3</sup>	985,3	960,3	959,0	955,9	957,9	960,2	959,1
содержание серы %, масс	18,2	17,6	17,8	17,2	17,2	16,4	17,3
Тяжелый газойль (270-420 °С)							
плотность при 20 °С кг/м <sup>3</sup>	986,2	987,6	984,9	986,0	986,6	987,9	987,7
содержание серы, % масс	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

Как видно из таблицы 2, в составе крекинг газа при использовании активирующих добавок ЛГФНБП происходит снижение фракции H<sub>2</sub>-C<sub>2</sub>, а при этом выход C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub> остается неизменным. В бензине крекинга наблюдается пониженное содержание олефиновых углеводородов, при этом происходит увеличение содержания ароматических углеводородов с 49,0 до 54,0 % и бензин является более ароматизированным. Уменьшение йодного числа с 18,4 до 16,4 свидетельствует о снижении непредельности легкого газойля. Тяжелый каталитический газойль имеет наибольшую плотность. Следует отметить, что с ростом концентрации добавки ЛГФНБП в сырье крекинга, содержание фракции H<sub>2</sub>-C<sub>2</sub> в газе, содержание олефиновых углеводородов в бензине и легком газойле, и содержание ароматических углеводородов в бензине изменяется экстремально.

Характер изменения этих показателей (за исключением содержания ароматических углеводородов) аналогичен характеру изменения коксообразования при крекинге сырья с добавками.

Из табличных данных следует, что изменение содержания ароматических углеводородов в бензине в зависимости от концентрации добавки в сырье аналогично таковому для выхода тяжелого каталитического газойля.

Следует отметить, что экстремальная зависимость выхода продуктов крекинга от концентрации легкой газойлевой фракций нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП) в сырье крекинга, по-видимому, объясняется содержанием в этой добавке большого количества гетеросоединений, а также различным количеством смол, асфальтенов, полициклических ароматических углеводородов, являющихся поверхностно-активными веществами.

Таким образом, приведенные результаты по влиянию концентрации легкой газойлевой фракций нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП) к вакуумному газойлю Кызылкиянской нефти подтверждают основные выводы, сделанные ранее авторами [1-6], которые связаны с экстремальными зависимостями выхода продуктов крекинга от концентрации активирующих добавок.

В зависимости от природы легкой газойлевой фракций нефтебитуминозных пород (ЛГФНБП) и вакуумного газойля Кызылкиянской нефти существует оптимальное соотношение смешанного сырья, при котором наблюдается наибольший выход бензина и наименьшее коксообразование на катализаторе. При этом, глубина превращения сырья и селективность процесса проходит через максимум.



В связи с этим целесообразнее всего вводить газойлевой фракции нефтебитуминозных пород в сырье каталитического крекинга только в оптимальном количестве.

Внедрение в производство предлагаемой технологии может позволить существенно улучшить технико-экономические показатели процесса каталитического крекинга, причем, в отличие от большинства направлений совершенствования процесса, данное направление не требует больших капитальных вложений и может быть отнесена к разряду ресурсосберегающих инновационных технологий.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Капустин В.М., Танашев С.Т., Досмуратов Д.Е. Исследования процесса каталитического крекинга тяжелых вакуумных дистиллятов. Научно-технический журнал «Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний» №1, М.:2015.- С.24-27

[2] Идирисов М.Ж., Танашев С.Т., Калдыгзов Е.К., Албаева Ж.Т. Интенсификация процесса каталитического крекинга с использованием альтернативного вида сырья. Материалы Международной научно-практической конференции «Проблемы и перспективы развития нефтяной промышленности Казахстана». -Алматы, 2005г. -С. 368-371.

[3] Капустин В.М., Танашев С.Т., Омаралиев Т.О., Луковцева Н.В. Каталитический крекинг вакуумных газойлей в присутствии смолы пиролиза.// Нефтехимия, 1988, № 0028, Москва, -С. 218-224.

[4] Абдульманов Р.Г., Сериков П.Ю., Смидович Е.В., Сюняев З.И. Каталитический крекинг вакуумного газойля в присутствии активирующих добавок. // Химия и технология топлив и масел. -1984.- №12. -С. 9-11.

[5] Танашев С.Т., Идирисов М.Ж. Интенсификация процесса каталитического крекинга с использованием нетрадиционного альтернативного вида сырья. Труды Международной научно-практической конференции «АУЕЗОВСКИЕ ЧТЕНИЯ-4». -Шымкент, 2004г.

[6] Танашев С.Т., Омаралиев Т.О., Идирисов М.Д., Айтымбетов Н.Ш. Каталитический крекинг вакуумного газойля в смеси газойлевой фракции нефтебитуминозных пород. Труды международной научно-технической конференции «Проблемы нефтегазового комплекса Казахстана». -Атырау, -2001. -С. 224.

Танашев С.Т., Идирисов М.Ж., Калдыгзов Е.К., Албаева Ж.Т., Танашев А.С., Жолдасбек А.М.

**Қызылкия мұнайының вакуумдық газойліне мұнай битумды қазбалардың жеңіл газойль фракциясының әсерін каталитикалық крекинг процессінде зерттеу**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыс қазіргі кезде мұнай өңдеу, мұнайхимия саласында өзекті маңызды мәселе болып табылатын Қызылкия мұнайының вакуумдық газойліне мұнай битумды қазбалардың жеңіл газойль фракциясының әсерін каталитикалық крекинг процессінде зерттеу арқылы мақсатты жоғары сапалы, өндіріске аса қажетті өнімдер алудың ғылыми-тәжірибиелік заңдылықтарын зерттеуге арналған. Каталитикалық крекинг қондырғысын жетілдіру негізінен қолданылатын шикізаттың құрамына және катализатордың белсенділігі мен тұрақтылығына байланысты болатындығы көрсетілген. Алынған ғылыми нәтижелер каталитикалық крекинг процессінде қолданылатын шикізатты дисперсиялық жүйе ретінде қарастыруға негізделген жаңа физика-химиялық технология әдісі бойынша түсіндіріледі.

**Кілттік сөздер:** каталитический крекинг, вакуумный газойль малосернистых казахстанских нефтей, параметры процесса каталитического крекинга.

Tanashev S.T., Idirisov M.Dq., Kaldkozov E.K., Albaeva Zh.T., Tanashev A.S. Zholdasbek A.M

**Investigation of the process of catalytic cracking of vacuum gas oil of Kyzylkiy oil with addition of light gas oil fraction of petroleum bituminous rocks.**

**Summary:** In the study work of catalyst cracking vacuum gas oil benzene interval temperature is 490-500 °C and the valisty giving products is 2\h and 4\h micro safari the holding of chane catalyst OA-250 and they a soft technical setup for a new gas oil kumkolskey benzene on the setup of catalyst cracking in the. They give us the physical and chemical propities of the product. We can use catalyst and balance of mitral is a process of catalyst cracking.

**Key words:** catalytic cracking, vacuum gas oil, parameters of process catalytic cracking, cracking.

**Е.К. Калдыгозов<sup>1</sup>, А.Е. Калдыгозов<sup>1</sup>, С.Т. Танашев<sup>1</sup>, М.Д. Идирисов<sup>1</sup>,  
Ж.Т. Албаева<sup>2</sup>, Н.Е. Джунуспеков<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Южно – Казахстанский Государственный университет им. М. Ауезова,  
Шымкент, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский Национальный Исследовательский технический университет им.К.И.Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан, albaeva@inbox.ru

<sup>3</sup>Казахский инженерно-педагогический университет дружбы народов,  
Шымкент, Республика Казахстан)

### **ПЕРЕРАБОТКА СМЕСЕЙ ТЕНГИЗСКОЙ И КУМКОЛЬСКОЙ НЕФТЕЙ С ЦЕЛЮ ПОЛУЧЕНИЕ ТОВАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ**

**Аннотация.** Смешение нефтей Казахстана дает возможность решения проблемы зависимости наших нефтеперерабатывающих заводов от российского сырья и эффективной переработки нефти в нашей Республике. В работе даны основные физико-химические характеристики смеси тенгинской и кумкольской нефтей в соотношении 80:20, и полученных светлых фракции при переработке смеси. Показано, что полученные дистиллятные фракции после их соответствующей переработки на технологических процессах соответствует экологическим требованиям согласно ГОСТ.

**Ключевые слова:** сырьевой кризис, смесь нефтей, потенциальное содержание, групповой состав, суммарный выход фракций, разгонка, АРН-2.

Вопрос о топливно-энергетическом кризисе является одной из наиболее важных проблем современности и, в частности, в нашей стране нефтеперерабатывающая отрасль испытывает сырьевой кризис. В течении последних 25 лет нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ) в Шымкенте и Павлодаре работают в режиме неполной загрузки, вследствие недостаточного количества поступающего сырья. Нефть, перерабатываемая на отечественных Павлодарском и Шымкентском НПЗ является смесью казахстанских и российских нефтей, транспортируемая по магистральным трубопроводам из западной Сибири и из южного региона Казахстана.

В последние годы в Республике Казахстан введены в эксплуатацию перспективные месторождения нефти и газовых конденсатов (Тенгизский, Карашыганакский, Жанажолский, Кумкольский и др.), открыты на прикаспийском шельфе крупные месторождения: Кашаган, Курмангазы и другие. Республика Казахстан в XXI век вошла как ведущая страна по разведанным запасам нефти и газ. Запасы нефти ранее оценивались около 7,0 миллиардов тонн, а газа - 2,5 триллион кубических метров. По потенциальным запасам нефти РК вошла в первую десятку стран мира, и её добыча с каждым годом растет. Так, если в Казахстане объем добычи нефти в 2000г. составил 35,0 миллионов тонн, то в 2002г.-42,0, 2004г.-59,2, 2005г.-61,4, 2006г.-65,0, 2007г.-67,5, 2008г.-70,0. 2012-2015г.г.-83-85 миллиона тонн. Ожидается дальнейшее повышение объема добычи нефти, например, в 2020г. до 110-130 млн.тонн. Добыча газа составила в 2004г.-20,5, 2005г.-25,0, 2006г.-27,6, 2007г.-29,6 млрд.м<sup>3</sup>, 2010г.-52,0, то ожидается в 2017г.-80,0 млрд.м<sup>3</sup> [1-2].

Несмотря на то, что наша страна имеет достаточно высокий собственный потенциал нефтяного сырья, географическая разорванность между местами добычи, переработки и потребления создаёт большие проблемы формирования энергетической зависимости.

Внутреннее потребление нефти сдерживается из-за отсутствия подачи нефти западных месторождений на Павлодарский и Шымкентский нефтеперерабатывающие заводы. В связи с этим исследования физико-химических свойств нефтей и газоконденсатов перспективных месторождений приобретают большое значение для поиска наиболее рациональных путей их переработки на отечественных НПЗ, что позволяет эффективно решать задачу удовлетворения потребности страны в высококачественных моторных и котельных топливах, смазочных маслах, в нефтяном коксе и в сырье для нефтехимического синтеза. Учитывая вышеизложенное, целью данной работы является решение проблемы эффективной переработки смеси нефтей Республики Казахстан, способствующие полному переходу некоторых нефтеперерабатывающих заводов нашей страны на местное – казахстанское сырье.

С учетом мощности существующих установок Павлодарского и Шымкентского НПЗ и потенциальных запасов нефтей предполагаемых месторождений, нами составлены нефтесмеси, состоящие из 80% Тенгизской и 20% Кумкольской нефтей.

Физико-химические свойства нефтей и газоконденсатов большинства месторождений Республика Казахстан систематизированы и обобщены академиком Н.К.Надиловым [3]. В ряде работ [4-10], авторами изучены основные качественные характеристики нефтей различных месторождений РК и их дистиллятных фракций, определены потенциальные содержания и групповой углеводородный состав нефтяных фракций, показаны оптимальные варианты их переработки и использования.

Характеристики исходной нефтесмеси и отдельных дистиллятных фракций, полученных разгонкой на аппарате АРН-2 приведены в таблице 1.

Исследуемая смесь нефтей легкая (плотность при 20<sup>0</sup>С - 817,3 кг/м<sup>3</sup>), кинематическая вязкость при температуре 20<sup>0</sup>С- 4,6 мм<sup>2</sup>/с. Содержание общей серы 0,48% масс., асфальтенов и смол силикагелевых 0,72% и 4,9% масс.соответственно, а парафинов - 6,4%. Суммарный выход фракций из смеси нефти выкипающих до 200 <sup>0</sup>С, составляет 33,2% и до 350 <sup>0</sup>С - 64,9% масс. (таблица 1).

**Таблица 1. Физико-химические свойства Тенгизской и Кумкольской нефтей и их смеси Т:К (80:20%).**

Показатели	Месторождение нефти		
	Тенгиз (Т)	Кумколь (К)	Смесь, Т:К (80:20%)
Плотность $\rho_4^{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	805,3	826,6	817,3
Вязкость $\nu_{20}$ , мм <sup>2</sup> / с	3,17	23,39	4,6
Температура застывания, <sup>0</sup> С	-31	+2	-8
Содержание, % масс.:			
общей серы	0,53	0,341	0,48
асфальтенов	0,73	0,69	0,72
смол силикагелевых	2,2	7,76	4,9
парафинов	3,39	11,92	6,4
Температура плавления парафина, <sup>0</sup> С	+55	+53	+53
Коксуемость, % масс.	0,62	2,21	1,96
Кислотное число, мг КОН/г нефти	0,22	0,08	0,18
Выход светлых фракции, % масс.:			
до 200 <sup>0</sup> С	39,0	25,2	33,2
до 350 <sup>0</sup> С	65,0	45,9	64,9

Бензиновые фракции н.к-100<sup>0</sup>С и н.к-120<sup>0</sup>С по фракционному составу отвечают требованиям на автомобильные и на авиационные марки бензинов (таблицы 2 и 3). Содержание серы в них превышает норму на авиационные бензины (0,03%), а содержание меркаптановой серы значительно превышает требования (не выше 0,01%). Следовательно, прямогонные фракции могут служить компонентами бензинов после очистки от серосодержащих соединений. Фракция 85-180<sup>0</sup>С из нефтесмеси содержит 0,127% общей серы и 14,3% ароматических углеводородов и после гидроочистки может служить сырьем каталитического риформинга, а легкая фракция н.к.-62<sup>0</sup>С служить сырьем для изомеризации.

Легкие керосиновые фракции 120-240<sup>0</sup>С и 140-230<sup>0</sup>С из-за высокого содержания парафинов имеют повышенные температуры начала кристаллизации (таблицы 2) по сравнению с требованиями соответствующих государственных стандартов. Кислотность дистиллятов значительно превышает норму (0,7 мг КОН на 100 см<sup>3</sup> топлива). Она для фракции 120-240<sup>0</sup>С равна 5,9 мг КОН на 100 см<sup>3</sup>. Содержание меркаптановой серы в дистиллятах также превышает требования ГОСТ 10227-86 на топливо ТС-1 и РТ (не более 0,005%).

Таблица 2. **Физико-химические свойства светлых фракций из смеси (Смесь, Т:К 80:20%) нефтей Казахстана**

Показатели	Температура отбора фракции, °С				
	нк-180	85-180	120-240	180-350	240-350
Выход на нефть, % масс.	31,3	26,2	28,1	32,7	22,4
Плотность $\rho_4^{20}$ , кг/м <sup>3</sup>	740,2	749,3	789,8	828,7	842,4
Коэффициент преломления	1,4086	1,4059	1,4342	1,4561	1,4639
Содержание, % масс.:					
общей серы	0,114	0,127	0,253	0,356	0,504
меркаптановой серы	0,069	0,073	0,054	0,09	-
ароматических углеводородов	12,4	14,3	-	-	-
нафтеновых углеводородов	26,7	28,5	-	-	-
парафиновых углеводородов	60,9	57,2	-	-	-
Температура, °С:					
вспышки	-	-	45	107	127
застывания	-	-	-	-31	-14,1
начала кристаллизации	-	-	-58	-	-
Вязкость, мм <sup>2</sup> /с: при 20°С	-	-	1,42	3,47	5,84
при 50°С	-	-	-	2,36	3,45
Анилиновая точка, °С	-	-	-	71	75
Дизельный индекс	-	-	-	65	63
Кислотность, мг КОН/100 см <sup>3</sup>	3,2	4,3	5,9	6,5	8,4
Высота некопящего пламени, мм	-	-	26	-	-

Дистилляты с температурой отбора 150-280°С, 150-320°С имеют низкие температуры застывания, содержание сернистых соединений в них соответственно равно 0,244 и 0,263%. Они могут быть использованы в качестве керосина для технических целей и в качестве сырья для пиролиза и осветительного керосина марок КО-22 и 20 после очистки.

Эти дистилляты по показателям вязкости и температуры застывания соответствуют необходимым требованиям ГОСТ 305-82 на зимнее дизельное топливо.

Фракции дизельного топлива, полученные из смеси нефти по основным физико-химическим характеристикам (температуре застывания, кинематической вязкости и плотности) отвечают нормам на летнее дизельное топливо марки "Л", а по кислотности и содержанию меркаптановой серы превышает нормы (до 0,01 % масс.) (таблица 2).

Вакуумный газойль (фр.350-490°) из нефтесмеси является высокопарафинистым и высокозастывающим. Содержание твердого парафина с температурой плавления 48°С равно 5,14%, а силикагелевых смол - 2,6%, считая на нефть.

Во фракции, выкипающей выше 470°С содержание асфальтенов составляют 4,23%, силикагелевых смол - 19,18% и парафина - 18,5%. По некоторым показателям (кинематической вязкости и коксуемости и др.) она соответствует требованиям на топочный мазут марки 100 из высокопарафинистой нефти.

Суммарное содержание базовых масел в нефтесмеси (Т:К) составляет 30,4% и индекс вязкости находятся в пределах 65-94 пунктов.

Выход масляного дистиллята с пределами выкипания 350-470°С из нефтесмеси высокий (15,48%), он может служить в качестве сырья для базовых масел. Содержание серы невысокое (0,46%), температура застывания - 19°С и имеют кинематическую вязкость при 50°С 13,24 мм<sup>2</sup>/с.

Таким образом, исследование физико-химической характеристики нефтесмеси товарных нефтей Тенгиза (80%) и Кумколя (20%) показывает, что в данном соотношении эта смесь может служить сырьем для Шымкентского НПЗ и Павлодарского НХЗ взамен Западносибирской нефти. На основе полученных дистиллятных фракции после их соответствующей переработки на технологических процессах, возможно получение товарных, экологически чистый нефтепродуктов, согласно требованиям ГОСТа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Карабалин У.С. Результаты деятельности министерства нефти и газа РК за 2013г. и перспективы развития нефтегазовой отрасли. //журн. «Нефть и газ», 2014, № 3, С.7-18.
- [2] Надиров Н.К. Нефть и газ Казахстана В 2-х ч. Алматы, Ғылым, 19954.-375с.
- [3] Егоров О.И. Нефтепереработка и нефтехимия в Казахстане: приоритеты развития. // Нефть и газ. -2014.- №2 (80).- С. 43-54.
- [4] Байзулиева Л.А., Джетписов Б.Т., Бисенов Т.М. Кумкольская нефть как сырье для производства парафинов и масел //Изв. АН КазССР. Сер.химическая. - 1989.-№6.-С.58-61.
- [5] Акжигитов А.Ш., Уразғалиев Б.У. Реологические свойства нефти месторождения Кумколь. //Известия АН КазССР. Серия химическая.1989. -№1.-С.70-73.
- [6] Омаралиев Т.О., Калдығозов Е.К., Суюнова Л., Абдухаликова И.Р., Керимбеков С.К. Кумкольская нефть //Химия и технология нефти и газа. - 1990. - №9.-С.8-9.
- [7] Калдығозов А.Е. Физико-химические свойства различных керосиновых фракций Казахстанских нефтей. Вестник Казахстанско-Британского технического университета. -2011, - №4 (19). -С.45-49.
- [8] Надиров Н.К., Зайкин Ю.А. Калдығозов А.Е. Технологические перспективы депарафинизации и глубокой переработки высокопарафинистой нефти на Шымкентском НПЗ / Нефть и газ. -2012.- №3. -С.59-64.
- [9] Калдығозов Е.К., Омаралиев Т.О. Исследование состава Тенгизского газового конденсата и каталитический риформинг его узких фракций // Известия вузов «Нефть и газ» Баку -1983, -№10, С.39-45.
- [10] Калдығозов Е.К., Зайкин Ю.А., Калдығозов А.Е., Еркебаева Г.Ш. Оптимальные варианты переработки смесей нефтей перспективных месторождений Казахстана. // Нефть и газ, - 2014, -№ 3, С.73-80.
- [11] Калдығозов Е.К., Еркебаева Г.Ш. и др. Способы улучшения эксплуатационных свойств дизельного топлива из парафинистой нефти. // Международная конференция по химической технологии КТ. 5 Региональная Центрально-Азиатская МНК по Химической технологии. – Москва, 2007.- С.240-242.

Калдығозов Е.К., Калдығозов А.Е., Танашев С.Т., Идирисов М.Д., Албаева Ж.Т., Джунуспеков Н.Е.

**Тауарлы мұнай өнімдерін алу мақсатында Теніз және Құмкөл мұнайларының қаспасын өңдеу**

**Түйіндемe:** Мұнай шикізатына сұраныстың ұлғайуына және тиімді мұнайлар қоспаларын өңдеу мақсатында Қазақстан Республикасында бір қатар мұнай өңдеу зауттарының жергілікті казакстандық шикізатқа толығымен өтетін қиындықтарды шешу.

**Кілттік сөздер:** шикізатқа кризис, мұнай қоспасы, потенциалды құрам, топты құрам, фракцияның шығу қосындысы, айдау, АРН-2.

Kaldkozov E.K., Kaldkozov A., Tanashev A.S., Idrisov M.D., Albaeva Zh.T., Dzhusupbekov N.E.

**Refining the mixtures of Tengiz and Kumkol's oil to produce commercial petroleum products**

**Summary:** the purpose of this work is solving the problem of an efficient refinery petroleum mixtures Republic of Kazakhstan, which facilitates the full transfer some of our country's plants to local crude.

**Key words:** raw material crisis, petroleum mixture, potential content, group composition, total yield of fractions, distillation, ARN-2.

УДК 621.39.075

**А.М. Дараев, Н.А. Джунусов, С.Е. Ибекеев**

(КазННТУ им К.И. Сатпаева,

Алматы, Республика Казахстан, [majit\\_2006@mail.ru](mailto:majit_2006@mail.ru))

**АНАЛИЗ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СЛЕДЯЩИЙ  
ЭЛЕКТРОПРИВОД СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

**Аннотация.** Рассматриваются ветровые нагрузки влияющие на мощность следящего электропривода солнечных фотоэлектрических станций. Анализируются возмущающие воздействия и момент ветровых сил на следящий электропривод солнечных фотоэлектрических станций, с использованием аэродинамических коэффициентов.

**Ключевые слова:** Ветровые нагрузки, возмущающие воздействия, аэродинамические коэффициенты, момент сил, следящий электропривод, солнечные фотоэлектрические станции.

Расчет ветровой нагрузки на каждую конкретную гелиоустановку представляет собой сложную задачу, так как требуется учитывать не только метеорологические особенности района, где эксплуатируется установка, но также особенности конкретной местности. А также влияние расположенных

по соседству зданий и сооружений, искусственных и естественных препятствий, влияние элементов конструкции самой установки и т.п. на распределение ветрового потока.

Дополнительную нагрузку на СЭП системы наведения ветер создает двумя способами:

- 1) создавая вращающий момент плоскости фотоприемника;
- 2) создавая дополнительное давление на фотоприемник, тем самым повышая силу трения в опорах.

В связи с этим ставится задача обобщения различных вариантов по ряду условий и последующего упрощенного расчета максимальной ветровой нагрузки для наиболее неблагоприятного варианта нагружения в рамках, ограниченных выбранными условиями. Такой подход позволяет существенно упростить расчет ветровых нагрузок и произвести его в общем виде, не вдаваясь в конкретные особенности расположения и конструкции каждой установки [1].

Действие ветра на здания и сооружения регламентируются соответствующим стандартом СНиП 2.01.07-85 «Нагрузки и воздействия» [2]. Ветровую нагрузку, действующую на фотоприемник, представляющего собой плоскую прямоугольную пластину, можно представить как совокупность следующих величин:

- давления  $W_c$  действующего на внешнюю (верхнюю) поверхность фотоприемника;
- сил трения  $W_f$  направленных по касательной к внешней поверхности фотоприемника;
- давления  $W_i$  действующего на внутреннюю (нижнюю) поверхность фотоприемника.

Нормативное значение средней составляющей ветрового давления определяется по формуле:

$$W_{cp} = W_0 \cdot k \cdot C, \quad (1)$$

где  $W_0$  – нормативное значение ветрового давления;  
 $k$  – коэффициент, учитывающий изменение ветрового давления по высоте;  
 $C$  – аэродинамический коэффициент.

Нормативное значение ветрового давления определяется на основе данных метеостанций о скоростях ветра. При этом давление  $W_0$  в паскалях определяется по формуле:

$$W_0 = 0,61 \cdot V_0^2. \quad (2)$$

где  $V_0$  – скорость ветра на уровне 10 м над поверхностью земли для типа местности А.

Нормативное значение ветрового давления также можно определить по таблице 1 в соответствии с районированием территории страны по уровням ветрового давления. Коэффициент  $k$  определяется по таблице 2 в зависимости от высоты над поверхностью земли и типа местности. К типу А относят открытые местности (степи, моря, озера, пустыни, и т.п.); к типу Б – города с окраинами, лесные массивы и т.п. местности, равномерно покрытые препятствиями высотой 10 м; к типу В - городские районы с застройкой зданиями высотой более 25 м.

Таблица 1. Районирование территории страны по уровням ветрового давления

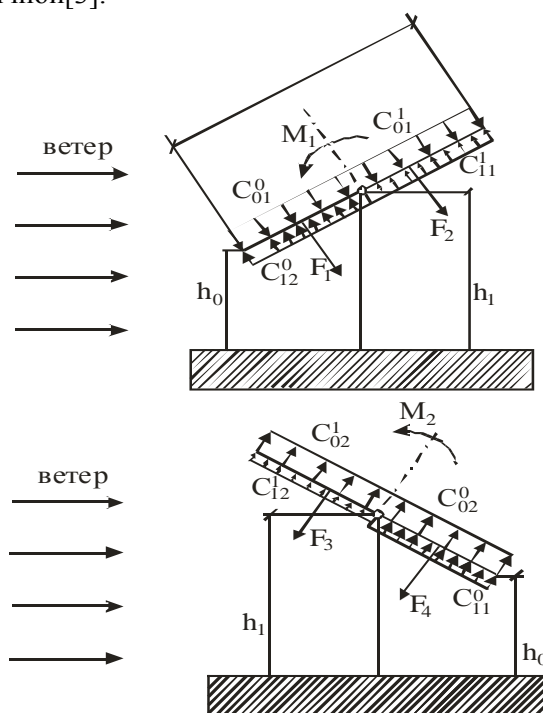
Районы (по СНиП 2.01.07-85)	1а	1	2	3	4	5	6	7
Скоростной напор, кПа	0,1	0,23	0,30	0,38	0,48	0,6	0,73	0,85

Аэродинамический коэффициент определяется в зависимости от типа и формы конструкции.

Таблица 2. Определение коэффициент  $k$ , в зависимости от типа местности

Тип местности	Высота, м.											
	≤ 5	10	20	40	60	100	150	200	250	300	350	≥ 480
А	0,75	1	1,25	1,5	1,7	2	2,25	2,45	2,65	2,75	2,75	2,75
Б	0,5	0,65	0,85	1,1	1,3	1,6	1,9	2,1	2,3	2,5	2,75	2,75
В	0,4	0,4	0,55	0,8	1	1,25	1,55	1,8	2	2,2	2,35	2,75

Воздействие ветровых сил на плоский прямоугольный фотоприемник показано на рисунке 1. Ось вращения расположена горизонтально. При другом расположении оси вращающий момент от ветровой нагрузки не превышает рассчитанного при горизонтальном расположении. Ветровая проницаемость плоскости между землей и осью вращения в зависимости от особенностей конструкции установки, может быть различной[3].



**Рис.1.** Действие ветровых сил на плоский фотоприемник

Наибольший дисбаланс ветровых сил, действующих на фотоприемник, достигается, когда ветровая проницаемость плоскости между землей и осью вращения мала; при этом получается наибольший вращающий момент. Поэтому расчет ветровых сил будем вести для рассмотренного случая.

Моменты вращения вычисляются по формуле:

$$M_1 = (F_1 - F_2) \frac{l}{4},$$

$$M_2 = (F_3 - F_4) \frac{l}{4}. \quad (3)$$

где  $l$  – длина фотоприемника, м;

$F_1, F_2, F_3, F_4$  – силы ветровой нагрузки, действующие на фотоприемник.

Каждая из сил  $F_1 \dots F_4$ , представляет собой алгебраическую сумму сил ветра, действующих на верхнюю и нижнюю поверхности фотоприемника:

$$F = F_c - F_i, \quad (4)$$

где  $F_c$  – сила ветра, действующая на верхнюю поверхность;

$F_i$  – сила ветра, действующая на нижнюю поверхность фотоприемника.

Тогда выражения для сил  $F_1 \dots F_4$  можно записать в таком виде:

$$F_1 = W_0 k (C_{e1}^0 - C_{12}) \frac{S}{2},$$



$$\begin{aligned}
 F_2 &= W_0 k (C_{e1}^1 - C_{11}^1) \frac{S}{2}, \\
 F_3 &= W_0 k (C_{e2}^1 - C_{12}^1) \frac{S}{2}, \\
 F_4 &= W_0 k (C_{r2}^0 - C_n^0) \frac{S}{2}
 \end{aligned}
 \tag{5}$$

где  $S$  – площадь плоскости фотоприемника.

$C_n^0, C_{11}^1, C_{12}^1$  - аэродинамические коэффициенты для нижней поверхности фотоприемника;

$C_{e1}^0, C_{e2}^1, C_{r2}^0, C_{r2}^1$  - аэродинамические коэффициенты для нижней поверхности фотоприемника.

В соответствии со СНиП 2.01.07-85 принимается  $C_{12} = 0,8$ ; а для  $C_{e1}^1, C_{r2}^1$ . высота  $h$  отождествляется с высотой  $h_1$ .

Таблица 3. Аэродинамические коэффициенты  $C$

Коэффициент	$\beta$ , град	$h/l_n$			
		0	0,5	1,0	$\geq 2$
$C_{e1}$	0	0	-0,6	-0,7	-0,8
	20	0,2	-0,4	-0,7	-0,8
	40	0,4	0,3	-0,2	-0,4
	60	0,8	0,8	0,8	0,8
$C_{e2}$	$\leq 60$	-0,4	-0,4	-0,5	-0,8

Если при расчете получаются отрицательные значения сил или моментов, это свидетельствует о том, что найденные силы или моменты направлены противоположно выбранным направлениям на рисунке 1.

Введем обозначения

$$\begin{aligned}
 C_{F1} &= C_{r1}^0 - C_{12} \\
 C_{F2} &= C_{r1}^1 - C_n^1 \\
 C_{F3} &= C_{e2}^1 - C_{12} \\
 C_{F4} &= C_{r2}^1 - C_{11}^0 \\
 C_{M1} &= C_{F1} - C_{F2} \\
 C_{M2} &= C_{F3} - C_{F4}
 \end{aligned}
 \tag{6}$$

Исследуем зависимость аэродинамических коэффициентов  $C_{M1}$ , и  $C_{M2}$  в зависимости от угла  $\beta$  при постоянных соотношениях  $h_1/l$ . Для этого необходимо учесть, что длина фотоприемника и ее проекция на горизонтальную плоскость связаны следующим соотношением:

$$l_n = l \cdot \cos \beta, \tag{7}$$

соответственно

$$\frac{h_1}{l} = \frac{h_1}{l_n} \cos \beta. \tag{8}$$

Также учтем

$$\frac{h_0}{l} = \left( \frac{h_1}{l} - \frac{1}{2} \sin \beta \right) / \cos \beta. \quad (9)$$

На рисунке 2 и 3, полученные в результате интерполяции значений в таблице 3 с учетом выражений (6), (7), (8), графики функций  $C_{F1} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$  и  $C_{F2} = f\left(\frac{h}{l_n}\right)$ , при постоянных углах  $\beta$ , на которые нанесены изолинии постоянных отношений  $h/l$  соответствующих значениям 0,5; 0,75; 1,0; 1,25.

На рисунке 2 и 3 определим максимально возможный (по модулю) коэффициент  $C_{M2}$  при  $h_0/l_n \leq 0,4$ ;  $C_{F4} = -0,9$  с учетом выражений (6):

$$C_{M2} = -1,6 - (0,9) = -0,7$$

На рисунке 4 представлены зависимости коэффициента  $C_M$ , который представляет собой обобщение коэффициентов  $C_{M1}$  и  $C_{M2}$ . При этом углы  $\beta$  для коэффициентов  $C_{M1}$  считаются положительными, а для  $C_{M2}$  - отрицательными.

Полученные характеристики не распространяются в области, где  $\beta$  близок к  $\pm 90^\circ$ .

В области этих значений  $\beta$  возрастает роль не учитываемых факторов.

СНиП 2.01.07-85 рекомендует для отдельно стоящих плоских сплошных конструкций, вертикальных и отклоняющихся от вертикали не более чем на  $15^\circ$  для наветренной стороны, принимать  $C = 0,8$ , для подветренной  $C = -0,6$ .

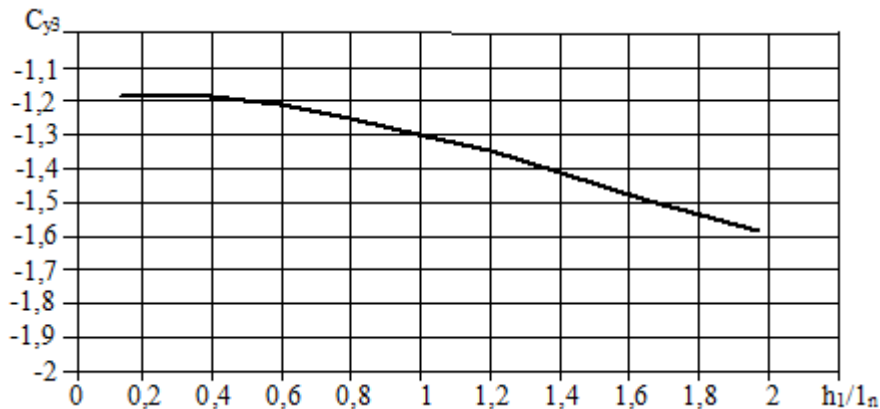


Рис. 2. Зависимость аэродинамического коэффициента  $C_{y3}$  от отношения  $h_1/l_n$  при разных углах  $\beta$

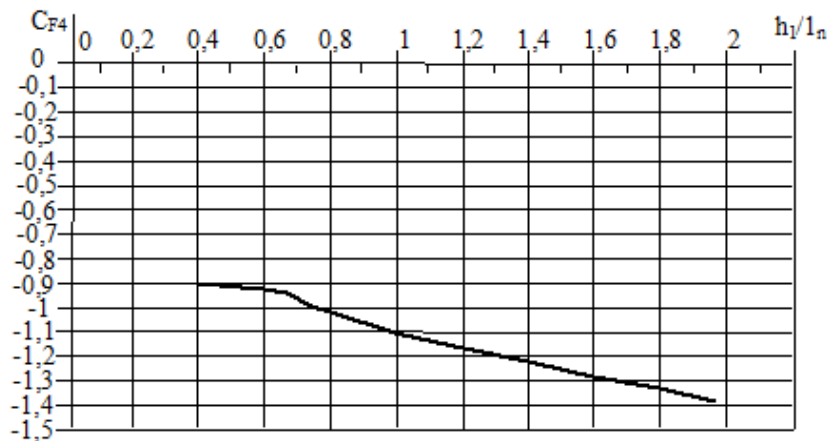


Рис. 3. Зависимость аэродинамического коэффициента  $C_{F4}$  от отношения  $h_0/l_n$  при разных углах  $\beta$

Рассматривая наиболее неблагоприятный по вращающему моменту вариант нагрузки при  $\beta$  близких к  $\pm 90^\circ$  можно принять  $C_{F1} = 0$ ,  $C_{F4} = 0$ ,  $C_{F3} = -1,4$ ;  $C_{F2} = -1,4$ . Отсюда получаем максимально возможные (по модулю) коэффициенты близких к  $\pm 90^\circ$

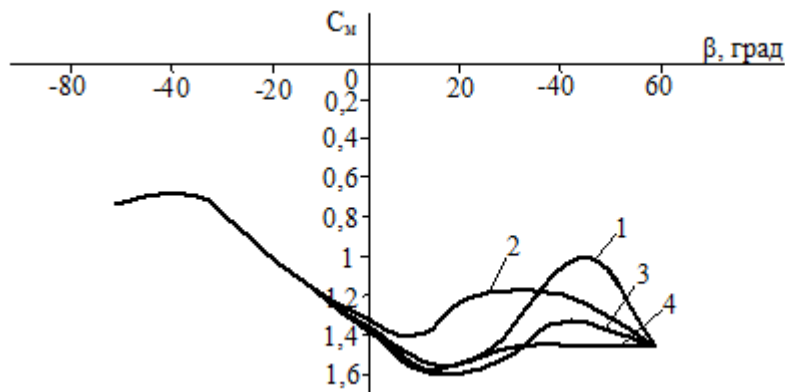
$$C_{M1} = -1,4,$$

$$C_{M2} = -1,4.$$

Окончательно для определения максимального вращающего момента, действующего на фотоприемник, в результате действия ветра принимаем

$$C_{M0} = 1,4.$$

Знак «-» опущен, т.к. при расчете требуемой мощности двигателя слежения не имеет физического смысла.



**Рис. 4.** Зависимость аэродинамического коэффициента  $C_M$  от угла  $\beta$  при разных отношениях  $h/l_0$

На графике рисунке 4 максимальным по модулю значениям также является  $C_M = -1,4$ .

1 - $h/l_0 = 0,75$	3 - $h/l_0 = 1$
2 - $h/l_0 = 0,5$	4 - $h/l_0 = 1,25$

Коэффициент запаса по силе ветра рекомендуется принимать  $Y_F = 1,4$ . В соответствии с этим коэффициент запаса по вращающему моменту примем

$$Y_M = Y_F = 1,4.$$

Таким образом, при расчете мощности двигателя слежения вращающий момент ветровой нагрузки, действующий на плоский прямоугольный фото-приемник, можно определить по формуле:

$$M_{ветр} = \frac{1}{8} Y_M C_{M0} S l k W_0^2, \quad (10)$$

С учетом найденного значения  $C_{M0}$  и принятого значения  $Y_M$ ,  $M_{ветр}$  можно определять упрощенно:

$$M_{ветр} = \frac{1}{4} S l k W_0^2. \quad (11)$$

### Выводы

1. Определен наибольший дисбаланс ветровых сил, действующих на фотоприемник гелиоустановки;
2. Определен максимальный вращающий момент, воздействующий на фотоприемник в результате действия ветровой нагрузки;

3. По итогам исследования проектирование гелиоустановок необходимо производить с учетом местных климатических условий, особенно необходимо учитывать ветровые нагрузки в данной местности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гарифулин К.К. Изменчивость ветра в свободной атмосфере.- Л.: Гидрометеоздат, 1967.  
[2] СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.- М.: Госстрой России, ГУП ЦПП.2003.  
[3] Басистов Г.Г., Коротков С.В., Мясников В.А, Теоретическое и экспериментальные исследования системы компенсации ветровых возмущений на антенну радиотелескопа. В сб. «Цифровое управление в системах автоматики», –Л.: Наука, 1968.-с.61-72.

Дараев А.М. Джунусов Н. А. Ибекеев С.Е.

**Қайталағыш электр қозғалтқыштарының күн фотоэлектрлі зауытында сыртқы наразылықты талдау**

**Түйіндемe.** Бұл мақалада электр жетегінде күн фотоэлектрлі электрқозғалтқышдың желдік жүктемелер талқылайды. Аэродинамикалық коэффициенттерін пайдаланып, бұзылуы айнымалылар және кейінгі күн фотоэлектрлі станциялары бойынша жел күштерінің уақытын талдайды.

**Кілттік сөздер.** Жел жүктері, дабыл әсері, аэродинамикалық коэффициенттері, бұрау моменті, қайталағыш электрқозғалтқыштар, күн фотоэлектрлі станциясы.

Daraev A.M. Dgynysov N.A. Ibekeev S.E.

**Analysis of external disturbing impacts on the following electric drive of solar photoelectric stations**

**Summary.** This article deals with wind loads affecting the power of the servo electric drive of solar photovoltaic stations. There are analyzed the perturbing effects and the moment of wind forces on the tracking electric drive of solar photovoltaic stations using aerodynamic coefficients.

**Keywords:** Wind loads, disturbing effects, aerodynamic coefficients, torque, servomotor, solar photovoltaic stations.

УДК 621.39.075

**А.М. Дараев, Н.А. Джунусов, С.Е. Ибекеев**

(КазННТУ им К.И. Сатпаева,

Алматы, Республика Казахстан, [majit\\_2006@mail.ru](mailto:majit_2006@mail.ru))

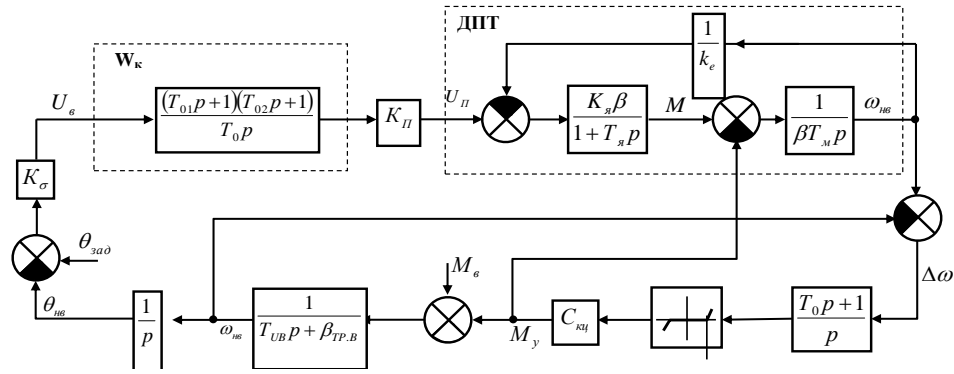
**ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРА УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ  
СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ**

**Аннотация.** В статье рассматривается влияние аэродинамических свойств фотоприемника и ударной ветровой нагрузки на упругие механические колебания в электроприводе энергетических гелиоустановок. Исследования проведены с помощью ЭВМ в программе MATLAB.

**Ключевые слова:** Ветровые нагрузки, упругие колебания, кинематическая цепь, солнечные фотоэлектрические станции, момент нагрузки на фотоприемник, аэродинамический коэффициент.

Основу кинематической цепи, как правило, составляет червячная передача, которая также выполняет функции вентиля, обеспечивая однонаправленный поток энергии от двигателя к исполнительному валу. Силы трения в кинематической цепи являются основной нагрузкой на двигатель.

Структурная схема одноконтурного следящего электропривода солнечных фотоэлектрических станций, для исследования упругих колебаний представлена на рисунке 1.



**Рис.** Структурная схема одноконтурного СЭП СФЭС

Обратная связь по положению в данном случае не учтена, так как предполагается, что величина шага значительно больше, чем амплитуда колебаний фотоприемника. Механическую часть привода с достаточной точностью можно считать двухмассовой [1] с частотой свободных колебаний

$$\Omega_{CB} = \sqrt{\frac{c'(J_1 + J'_2)}{J_1 - J'_2}}. \quad (1)$$

где  $J_1$  – момент инерции масс, жестко связанных с валом двигателя, приведенный к валу двигателя;

$J'_2$  – момент инерции масс, жестко связанных с исполнительным валом, приведенный к валу двигателя.

Кинематическая цепь обладает высоким передаточным отношением – порядка  $10^5 - 10^6$ ,  $J_1 \gg J'_2$ , вследствие чего выражение (1) можно упростить:

$$\Omega_{CB} = \sqrt{\frac{c'}{J'_2}}. \quad (2)$$

Таким образом, частоты, фазы и амплитуды свободных колебаний двухмассовой системы слабо зависят от параметров двигателя. Величины частот свободных колебаний невелики и достигают 1-2 Гц.

Как показали исследования гелиоустановки, 80% мощности двигателя тратится на преодоления силы трения [2]. Вследствие высокой парусности фотоприемника определенную нагрузку на двигатель составляет ветровая нагрузка, которая к тому же является весьма трудно прогнозируемым возмущающим фактором.

С определенной долей приближения зависимость сил от момента на выходе кинематической цепи можно представить в таком виде:

$$M_{тр} = M_0 + k_{тр}M_{вых}.$$

где  $M_0$  – момент трения холостого хода;

$k_{тр}$  – коэффициент пропорциональности;

$M_{вых}$  – нагрузка на выходе кинематической цепи.

При пуске двигателя колебания исполнительного вала и связанного с ним фотоприемника незначительны вследствие малости сообщаемой им энергии, и быстро гасятся, а колебания скорости вала двигателя вообще могут практически отсутствовать. Причиной последнего является также то, что для используемых электроприводов характерно соотношение  $T_m \gg T_v$ .

Иначе дело обстоит, когда колебания вызваны ударной ветровой нагрузкой, которая способна сообщить колебательным движениям фотоприемника достаточно большую энергию. В процессе совершения колебаний эта энергия не расходуется в кинематической цепи, - этому препятствует «меха-

нический вентиль» (самотормозящая кинематическая передача), - и в данном случае основной диссипативной силой выступает аэродинамическая сила, действующая на фотоприемник, которая при отсутствии ветровой нагрузки в каждый момент времени определится как:

$$M_{mp}^A = k_A \cdot \omega_2^2 \cdot \text{sign}(\omega_2). \quad (3)$$

где  $\omega_2$  – мгновенное значение угловой скорости фотоприемника;  
 $k_A$  – коэффициент пропорциональности, характеризующий аэродинамические свойства фотоприемника.

Если пренебречь всеми остальными диссипативными силами, то на интервале времени, когда установка не совершает шага (времени ожидания), колебания можно описать интегрально-дифференциальным уравнением:

$$c \int \omega_2 dt - k_A \omega_2^2 \text{sign}(\omega_2) - M_B^\phi = J_2 \frac{d\omega_2}{dt}. \quad (4)$$

где  $M_B^\phi$  - момент нагрузки на фотоприемник, обусловленный действием ветра.

Выражение (4) не учитывает всей сложности аэродинамического взаимодействия фотоприемника с ветровым потоком, и больший интерес представляет уточненное интегрально-дифференциальное уравнение колебаний:

$$c \int \omega_2 dt - \frac{1}{2} k_A (\omega_B - \omega_2)^2 \text{sign}(\omega_2 - \omega_B) - \frac{1}{2} k_A (\omega_B + \omega_2)^2 \text{sign}(\omega_2 + \omega_B) - M_B^\phi = J_2 \frac{d\omega_2}{dt} \quad (5)$$

где  $\omega_B$  – эквивалентная угловая скорость ветра.

Величина  $\omega_B$  находится в пропорциональной зависимости от скорости ветрового потока, причем коэффициент пропорциональности зависит от конкретного типоразмера фотоприемника. Отметим, что момент  $M_B^\phi$  фактически пропорционален скорости ветрового потока во второй степени. При  $\omega_B > \omega_2$  на всем интервале времени, выражение (5) перейдет в

$$c \int \omega_2 dt - 2k_A \omega_B \cdot \omega_2 - M_B^\phi = J_2 \frac{d\omega_2}{dt}. \quad (6)$$

Динамический момент будет равен

$$J \frac{d\omega_2}{dt} = c \int \omega dt - k_A \omega_2^2 \text{sign}(\omega_2) - M_H^\phi. \quad (7)$$

Производная по углу поворота равна

$$\frac{d\theta}{dt} = \omega.$$

Его вторая производная имеет вид

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{c}{J} \int \frac{d\theta}{dt} dt - \frac{k_A}{J} \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \text{sign}\left(\frac{d\theta}{dt}\right) - \frac{M_H^\phi}{J} \quad (8)$$

или

$$\frac{d^2\theta}{dt^2} = \frac{c}{J} \theta - \frac{k_A}{J} \left(\frac{d\theta}{dt}\right)^2 \text{sign}\left(\frac{d\theta}{dt} + \frac{M_H^\phi}{J}\right).$$

Уравнение 8 запишем как систему уравнений

$$\begin{aligned} \frac{d\theta}{dt} &= y, \\ \frac{dy}{dt} &= \frac{c}{J}\theta - \frac{k_A}{J}y^2 \text{sign}(y) - \frac{M_H^\varphi}{J}. \end{aligned} \tag{9}$$

После замены переменных систему уравнений (9) можно записать в следующем виде

$$\begin{aligned} \frac{dx_1}{dt} &= x_2, \\ \frac{dx_2}{dt} &= -\left(\frac{a}{y}\right)x_1 - \frac{k_A}{y}x_2^2 \text{sign}(x_2) + \frac{M_H^\varphi}{y}. \end{aligned}$$

где  $x_1 = \theta$ ,  $x_2 = y$ .

Структурная схема модели (Рисунок 1) в том виде, в котором она представляется в программе MATLAB, изображена на рисунке 2.

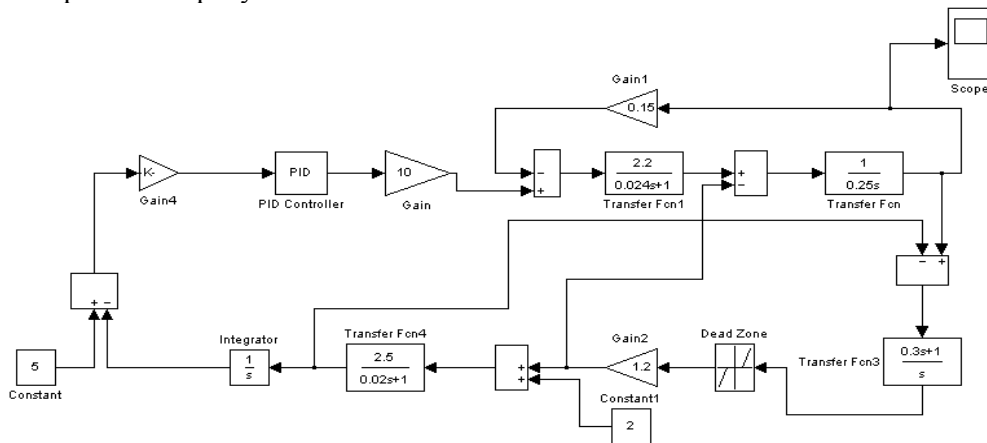


Рис. 2. Структурная схема модели СЭП СФЭС в MATLAB

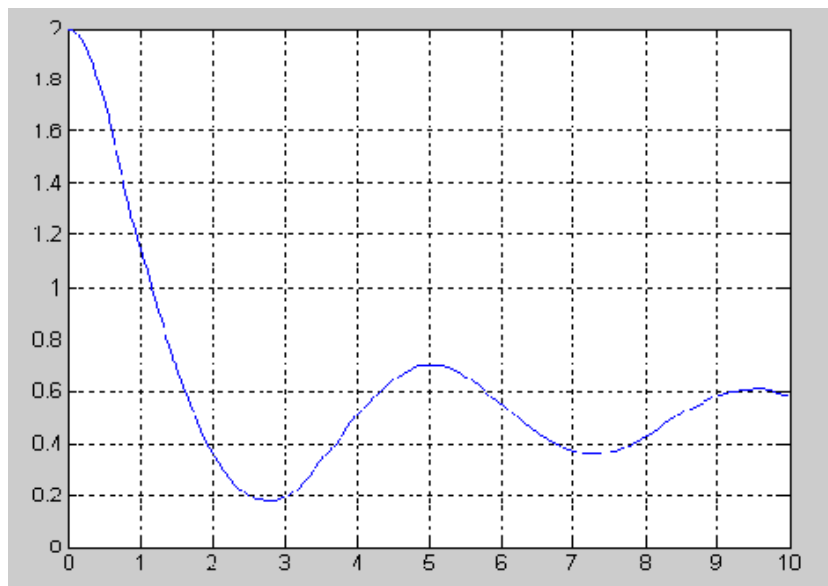


Рис. 3



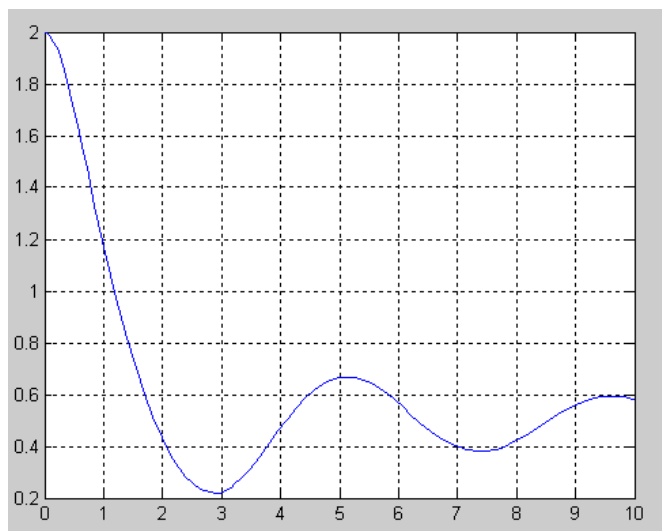


Рис. 4

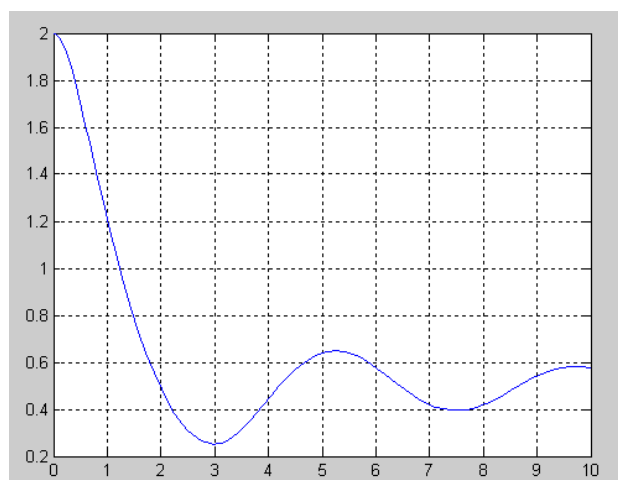


Рис. 5

Рисунок 3 – 5 Колебания скорости исполнительного вала при разных коэффициентах  $k_d$

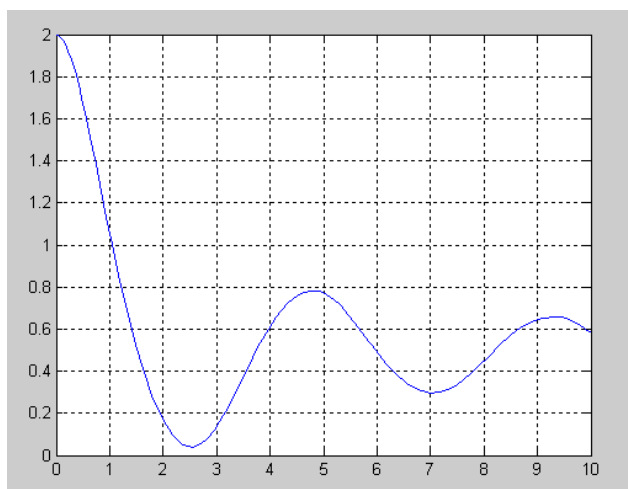


Рис. 6

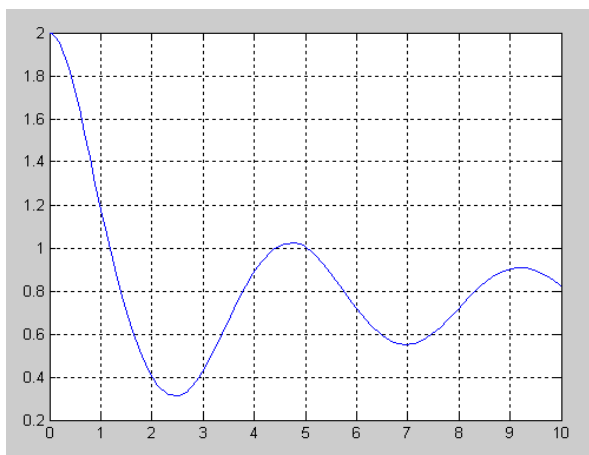


Рис. 7

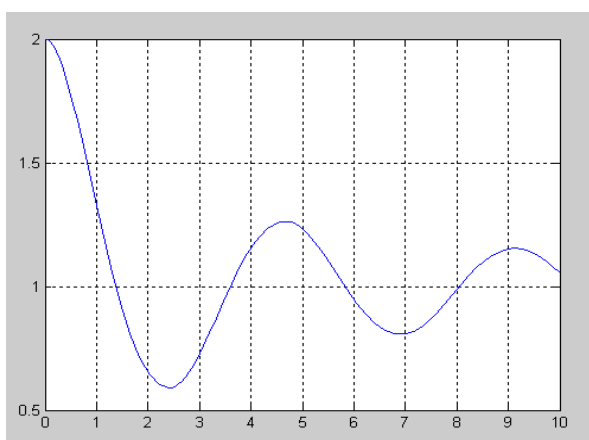


Рис. 8

Рисунок 6-8 – Колебания скорости исполнительного вала при различных возмущающих воздействиях  $M_{ij}$  нагрузки

На рисунке (3) представлены формы кривой  $\omega_2 = f(t)$ , построенные по выражению (4) с помощью компьютера в программе «Matlab» при скачкообразном изменении момента ветровой нагрузки для разных установок, отличающихся значением коэффициента  $k_A$  ( $k_{A3} > k_{A2} > k_{A1}$ ). На рисунке (6) представлены формы кривой  $\omega_2 = f(t)$ , при разных значениях ударной ветровой нагрузки  $M_B^\phi$  ( $M_{B1}^\phi > M_{B2}^\phi > M_{B3}^\phi$ ).

По рисункам видно, что диссипативная аэродинамическая сила существенно влияет на колебания, пока их амплитуды не снизятся до некоторых, как правило, достаточно малых значений. И затем уступают свою ведущую роль силам трения в коренном зацеплении и опорах исполнительного вала.

На рисунках 3-8 показаны переходные процессы частоты вращения исполнительного вала при различных коэффициентах  $k_{A1} = 1,25$ ;  $k_{A2} = 0,85$ ;  $k_{A3} = 0,55$ . выбранные из таблицы 3.2. [3] и при различных возмущающих воздействиях.

Как видно из указанных рисунков(3-8) амплитуда колебаний убывает по экспоненциальному закону.

#### Выводы

1. Аэродинамические свойства фотоприемника и величина ударной ветровой нагрузки существенно влияют на амплитуду упругих колебаний в электроприводе гелиоустановок;
2. Амплитуды колебаний скорости исполнительного вала при различных коэффициентах  $k_A$  и разных ударных значениях ветрового момента  $M_B^\phi$  учитываются по экспоненциальному закону.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Овсянников Е.М., Особенности следящих электроприводов гелиоустановок.– Труды МЭИ, вып.400.: Издательство МЭИ, 1979. с79-85.  
[2] Овсянников Е.М. Электропривод энергетической гелиоустановки.–Привод и управление.2000.№2.-С.4-9  
[3] СНиП 2.01.07-85 Нагрузки и воздействия.- М.: Госстрой России, ГУП ЦПП.2003.

Дараев А.М., Джунусов Н. А., Ибекеев С.Е.

**Фотоэлектрлі зауытында серпімді тербеліс сипаты зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақала фотодетектора аэродинамикалық қасиеттері әсерін және күн электр станцияларын серпімді механикалық тербеліс бойынша жел жүктемесі әсерін зерттейді. Бұл зерттеу MATLAB компьютерлік бағдарламаның ЭВМ көмегімен жүргізілді.

**Кілттік сөздер.** Жел жүктері, серпімді тербелістер, кинематикалық тізбектер, күн фотоэлектрлі электр станциялары, фотодетекторға жүктеме айналу сәтін, аэродинамикалық коэффициенті.

Daraev A.M., Dgynysov N.A., Ibekeev S.E.

**Research of the character of elastic oscillations in the electric drive of solar photoelectric stations**

**Summary.** In this article, there is considered the influence of aerodynamic properties of the photo-detector and shock wind load on elastic mechanical oscillations in the electric drive of power solar plants. The investigations were carried out using a computer in the MATLAB program.

**Key words:** Wind loads, elastic oscillations, kinematic chain, solar photovoltaic stations, moment of load on the photodetector, aerodynamic coefficient.

УДК 631.3.02-048.36

**О.М. Жаркевич, О.А. Нуржанова, Д.С. Жунуспеков, В.Ю. Куликов,**

**О.М. Жаркевич, К.Н. Прохорко**

(Карагандинский государственный технический университет,  
Караганда, Республика Казахстан)

**ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**Аннотация:** Приведены дефекты корпусных деталей сельскохозяйственной техники. Описаны причины износа посадочных отверстий под подшипники качения. Приведены технологии восстановления износа поверхности посадочных отверстий, трещин, отколов проушин, износа и повреждения резьбы. Описаны режимы различных технологий восстановления. В статье приведены правила разработки технологического процесса восстановления корпусных деталей.

**Ключевые слова:** износ, посадочное отверстие, подшипник качения, свертная втулка, наплавка, расточка, эпоксидная смола

Корпусные детали сельскохозяйственной техники - дорогостоящие и металлоёмкие, они определяют габаритные размеры и стоимость отдельных агрегатов, а также техники в целом.

Корпусные детали образуют жесткие каркасы, внутри и снаружи которых в заданном конструкцией положении фиксируются рабочие детали, сборочные единицы и агрегаты (рисунок 1).



а)

а) корпус трансмиссии трактора ДТ-75; б) корпус переднего моста трактора МТЗ – 50;



б)

в) корпус коробки передач трактора МТЗ - 50



в)

**Рис.1.** Корпусные детали сельскохозяйственной техники

К ним относятся корпуса: сцепления, коробки передач заднего моста, редукторов, подшипников и др. Как правило, в тракторном и сельскохозяйственном машиностроении применяют корпуса, изготовленные методом литья. В большинстве своём это крупногабаритные детали сложной конструкции и конфигурации [1].

Основные (базовые) поверхности у корпусных деталей - привалочные плоскости и отверстия под валы и подшипники, обрабатываемые с достаточно высокой степенью точности.

Известно, что большинство причин неудовлетворительной работы машины, подвергавшейся ремонту, кроется именно в неудовлетворительном состоянии базовых поверхностей корпусных деталей.

Установлено, что послеремонтный ресурс агрегатов, ремонт которых проводился на базе полной замены всех деталей новыми, но без восстановления корпусных деталей, составляет только 30 - 40% от ресурса новых. Все это в большинстве случаев обуславливается отклонениями в форме, размерах и взаимном расположении посадочных поверхностей корпусных деталей.

Основными дефектами корпусных деталей тракторов, комбайнов и другой сельскохозяйственной техники являются [2]:

- износ поверхностей отверстий под подшипники, стаканы, втулки;
- несоосность, непараллельность осей посадочных отверстий;
- трещины в перемычках, трещины корпуса, отломы проушин;
- износ и повреждение резьбовых отверстий.

Коэффициенты повторяемости дефектов основных корпусных деталей тракторов ДТ-75 и МТЗ-50 приведены в таблице 1.

Повторяемость несоосности и непараллельность осей отверстий находится в пределах 0,03-0,43. Установлено, что у 80% корпусных деталей необходимо восстанавливать посадочные поверхности отверстий под подшипники и стаканы. Максимальное значение износа посадочных отверстий в картере сцепления, корпусах коробки передач и заднего моста трактора МТЗ-50 достигает соответственно: 0,285; 0,480; 0,585 мм. В корпусе увеличителя крутящего момента, корпусе конечной передачи трактора ДТ-75 это значение составляет соответственно 0,89; 0,755; 0,94 мм.

Таблица 1. **Наименование дефектов и коэффициенты их повторяемости**

Марка машин	Наименование корпусных деталей	Трещины в перемычках	Отломы проушин	Трещины корпуса	Износ и повреждение резьбы	Износ поверхности отверстий под подшипники и стаканы	Износ отверстий под втулки
ДТ-75	Корпус трансмиссии	0,02	0,48	0,48	0,71	0,8	0,02
МТЗ-50	Корпус переднего моста	0,15	0,25	0,3	0,62	0,12	0,3
МТЗ-50	Корпус коробки передач	0,22	0,2	0,03	0,26	0,6	-
ДТ-75	Корпус коробки передач	0,01	0,01	0,01	0,02	0,05	-

Изнашивание посадочных отверстий под подшипники качения в корпусных деталях происходит в результате сложного комплекса воздействий в сопряжении гнездо – подшипник.

Исследованиями установлено, что на первом этапе работы сопряжения гнездо - подшипник преобладающий вид износа - фреттинг-коррозия, т. е. процесс разрушения металла на плотно контактирующих поверхностях в результате повторяющихся относительных тангенциальных микросмещений [3]. В начальной стадии работы сопряжения образуются продукты износа, состоящие в основном из Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и небольшого количества α-железа. Могут также присутствовать окислы FeO и Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, гидроксид Fe(OH)<sub>3</sub>; иногда обнаруживаются нитриды.

Когда продукты износа накапливаются, коэффициент трения резко падает, соответственно падает удерживающий момент и наружная обойма подшипника начинает проворачиваться. Но так

как продукты фреттинг-коррозии значительно тверже материала корпуса, то они уже представляют собой абразив, и ведущая роль в износе переходит к абразивному износу. При увеличении зазора в сопряжении и попадании в него смазки существенное развитие получает гидродинамический износ. Под влиянием остаточных внутренних напряжений, значительных внешних нагрузок изменяется пространственная геометрия корпусных деталей, т. е. происходит отклонение от взаимной параллельности осей посадочных отверстий и перпендикулярности осей отверстий к плоскостям. Причем отклонения пространственной геометрии могут быть вызваны воздействием только внутренних напряжений в деталях, не бывших в эксплуатации. Значение остаточных напряжений в корпусных деталях может достигать 120 - 150 МН/м<sup>2</sup>. Наиболее интенсивно релаксация остаточных напряжений происходит в течение первых трех лет. К этому времени напряжения уменьшаются в 3 - 4 раза и практически стабилизируются.

Несоосность, непараллельность осей корпусных деталей может быть вызвана неравномерностью износа посадочных отверстий под подшипники качения. Отклонения пространственной геометрии и износ базовых поверхностей корпусных деталей приводят к резкому снижению работоспособности основных деталей агрегатов [1].

Неподвижные сопряжения типа «подшипник - корпус» восстанавливают нанесением на изношенную поверхность посадочного отверстия слоя эпоксидного компаунда с наполнителем, который формируется под номинальный размер путем протягивания шлифованной оправки и последующего отвердевания слоя. Существенные недостатки посадочных отверстий, восстановленных полимерными материалами, - недостаточная стойкость против повторных запрессовок - выпрессовок, трудности в обеспечении соосности.

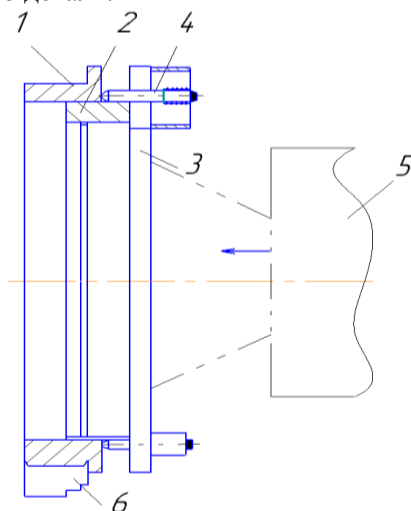
Также восстанавливают свертными втулками посадочные отверстия под подшипники качения [4].

Технологический процесс включает в себя следующие подготовительные операции:

- изготовление свертной втулки;
- растачивание отверстия и нарезание в нем винтовой канавки треугольного профиля;
- установку втулки в ремонтируемое отверстие и ее раскатку;
- обработку установленной втулки в соответствии с чертежом на новую деталь.

Заготовки свертных втулок получают резкой стальной ленты на полосы.

Заготовку сворачивают во втулку с помощью специального приспособления, после чего с одного из ее торцов снимают фаску. Используя специальную оправку 3 (рисунок 2), которая крепится в пиноли 5 задней бабки токарного станка, свертную втулку 2 устанавливают в подготовленное отверстие восстанавливаемой детали 1, закрепленной в патроне 6. Затем специальным раскатником производят раскатку втулки в отверстии при окружной скорости 50 - 70 м/мин и подаче 0,3 - 0,4 мм/об. Заключительной операцией является механическая обработка установленной втулки в соответствии с чертежом на новую деталь.



1 - деталь; 2 - свертная втулка; 3 - оправка; 4 - штифты; 5 - пиноль задней бабки; 6 - патрон токарного станка

**Рис. 2.** Схема установки свертной втулки

Требуемая точность внутренней поверхности втулки обеспечивается раскатником. Независимо от способа соединения посадка втулки с натягом считается годной, если она исключает любое относительное перемещение деталей соединения в процессе эксплуатации.

На ремонтных предприятиях для восстановления посадочных отверстий распространен способ нанесения эпоксидных составов с последующей постановкой кольца, для чего растачивают посадочное отверстие. В зависимости от конфигурации и габаритности деталей для растачивания отверстий в корпусных деталях используют горизонтально-расточные, вертикально-расточные и токарно-винторезные станки. Глубина растачивания может составлять 2-6 мм на сторону в зависимости от конструкции детали (наличие перегородок, резьбовых отверстий и т. п.). Затем изготавливают кольцо для запрессовки в расточенное отверстие. Расточенную поверхность отверстия и наружную поверхность кольца дважды обезжиривают техническим ацетоном и просушивают на воздухе 8-10 мин. Рецептура эпоксидного состава и последовательность его приготовления принимают аналогично применяемым при нанесении эпоксидного состава с последующей постановкой подшипника и описанными ранее.

Восстановление отколов проушин осуществляется методом наплавки и расточки (рисунок 3).



**Рис. 3.** Восстановление отколов проушин

Операция по ремонту отколов проушин обычно включает в себя [5]:

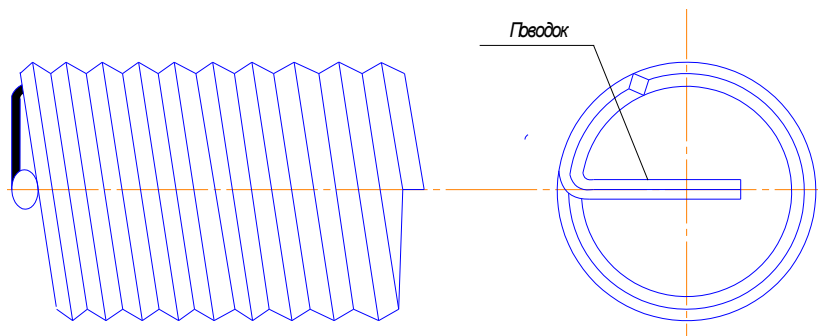
- цилиндрическую расточку отверстий;
- внутреннюю или наружную наплавку отверстий;
- операцию сверления до нужного диаметра.

В корпусных деталях трансмиссий сельскохозяйственной техники износ и повреждения резьбовых отверстий составляют 10 - 15%. Износ и повреждение резьбы восстанавливается несколькими способами:

- постановкой резьбовых спиральных вставок;
- нарезание резьбы ремонтного размера;
- наплавка с последующей механической обработкой.

Для восстановления резьбового отверстия постановкой резьбовых спиральных вставок необходимо (рисунок 4):

- рассверлить отверстие по кондуктору и снять фаску, при этом смещение осей отверстий допускается не более 0,15 мм, а их перекос не более 0,15 мм на длине 100 мм;
- нарезать резьбу в рассверленном отверстии;
- установить резьбовую вставку в отверстие и удалить ее технологический поводок;
- проконтролировать качество восстановления резьбы с помощью «проходного» и «непроходного» калибров или контрольного болта.



**Рис. 4.** Резьбовая спиральная вставка

Резьбы отремонтированные ремонтными вставками имеют повышенную предельно допускаемую нагрузку за счет более плотного прилегания боковых поверхностей спиральной вставки к резьбе отверстий детали, что способствует равномерному распределению нагрузки на отдельные витки.

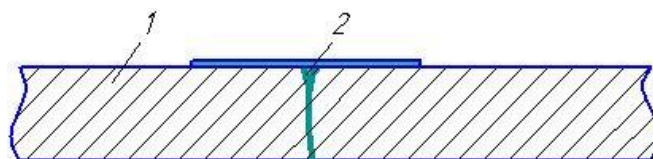
Восстановление износа и повреждения резьбы методов наплавки с последующей механической обработкой, т.е. без изменения размеров резьбы (под номинальный размер), более прогрессивно по сравнению с восстановлением под нарезание резьбы до ремонтного размера, так как при этом не нарушается взаимозаменяемость и не уменьшается прочность соединения.

Дефекты корпусных деталей в виде трещин корпуса и трещин в перемычках в менее ответственных местах могут быть также устранены путем использования эпоксидных составов. В корпусных чугунных деталях с трещинами длиной до 20 мм определяют границы трещины и электрической или пневматической дрелью просверливают на концах трещин отверстия диаметром 2,5 - 3,0 мм [4]. Затем снимают фаску под углом 60 - 70° вдоль всей длины трещины и зачищают края фаски. Глубину фаски принимают в зависимости от толщины стенки детали. При толщине стенки 1,5 - 0,5 мм глубина фаски должна соответствовать 1 мм, при толщине стенки более 5 мм — 2 - 3 мм. Далее зачищают поверхность детали до металлического блеска на расстоянии 40 - 50 мм по обе стороны трещины и обдувают сжатым воздухом. Зачищенные поверхности крупногабаритных деталей дважды обезжиривают техническим ацетоном (ГОСТ 2768 - 69) и просушивают на воздухе 8 - 10 мин. На обезжиренные поверхности попадание масла, воды, грязи не допускается.

Эпоксидный состав приготавливают по рецепту (в весовых частях):

- эпоксидная смола ЭД-16 - 100;
- дибутилфталат - 15;
- железный порошок - 160;
- полиэтиленполиамин - 11.

Для приготовления эпоксидного состава эпоксидную смолу вместе с тарой нагревают до температуры 60 - 70°C, взвешивают необходимое количество смолы, добавляют расчетное количества дибутилфталата и перемешивают шпателем двухкомпонентную смесь 5 - 6 мин. Затем добавляют требуемое количество железного порошка, перемешивают трехкомпонентную смесь 8 - 10 мин и охлаждают на воздухе до температуры 35 - 40°C [5]. В трехкомпонентную смесь добавляют расчетное количество отвердителя (полиэтиленполиамин) и перемешивают эпоксидный состав в течение 5 мин. Приготовленный таким образом эпоксидный состав должен быть использован в течение 20 - 25 мин. После подготовки детали приготовленный эпоксидный состав наносят на поверхность трещины и на зачищенный участок вокруг нее, уплотняя шпателем состав в трещине (рисунок 5).



1 - деталь; 2 - эпоксидный состав

**Рис. 5.** Нанесение эпоксидного состава на поверхность детали



Сложность ремонта корпусных деталей объясняется наличием у них значительного количества дефектов, основные из которых износы посадочных отверстий под втулки.

В ремонтной практике для восстановления отверстий в корпусных деталях нашли применение полимерные материалы. В основном это эпоксидные составы, которые наносят для постановки подшипника, последующей калибровки протяжкой и постановки кольца.

Восстановление посадки в корпусе нанесением эпоксидного состава с последующей постановкой подшипника производят в такой последовательности. Внутреннюю поверхность посадочного отверстия зачищают до металлического блеска и продувают сжатым воздухом. Зачищенные поверхности отверстия и подшипника дважды обезжиривают техническим ацетоном и просушивают на воздухе 8 - 10 мин. На обезжиренные поверхности попадание воды, масла, грязи не допускается. Эпоксидный состав принимается следующий (в весовых частях) [5]:

- эпоксидная смола ЭД-16 - 100;
- дибутилфталат - 10;
- полиэтиленполиамин - 12.

Эпоксидный состав готовят так же, как и при заделке трещин. Его наносят на посадочную поверхность отверстия и наружную поверхность подшипника слоем толщиной не более 0,5 мм и выдерживают в течение 10 мин. Не позднее чем через 15 мин после нанесения состава вставляют подшипник в отверстие с помощью пресса. Подтеки эпоксидного состава удаляют техническим ацетоном. Отвердевание эпоксидного состава происходит за 72 ч при температуре 20°C или за 12 ч при температуре 20°C, а затем по одному из следующих режимов, указанных в таблице 1.

Таблица 1. **Режимы отвердевания эпоксидного состава**

Температура, °С	40	60	80	100
Продолжительность выдержки, ч	48	24	5	3

Температурный режим необходимо выдержать с точностью  $\pm 5^\circ\text{C}$ . Наплывы и подтеки состава удаляют после отвердевания с помощью напильника, шабера, шкурки.

Рассмотренная технология может быть применена при зазоре между сопрягаемыми поверхностями не более 0,1 мм.

Проанализировав рассмотренные методы восстановления корпусных деталей сельскохозяйственной техники, можно сделать вывод, что при разработке технологического процесса восстановления корпусных деталей необходимо придерживаться следующих правил:

- сначала устранить трещины, отколы;
- затем восстановить базовые технологические поверхности;
- нарастить изношенные поверхности;
- обработать рабочие поверхности под ремонтный или номинальный размер.

При восстановлении деталей определенного наименования необходимо выбрать способ устранения каждого из имеющихся на ней дефектов, а затем уже, руководствуясь приведенной последовательностью устранения дефектов, проектировать технологический процесс ремонта детали.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Технология ремонта машин /Под ред. Е.А. Пучина. - М.: Колос, 2007. – 488 с.
- [2] Восстановление деталей машин. Справочник // Пантелеенко Ф.И., Лялякин В.П., Иванов В.П., Константинов В.М / Под ред. Иванова В.П.– М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
- [3] Гаркунов Д. Н. Триботехника (износ и безызносность): Учебник. – М.: «Изд-во МСХА», 2001. – 616 с.
- [4] Тоиров И. Ж. Восстановление неподвижных соединений подшипников качения сельскохозяйственной техники анаэробными герметиками [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Тоиров И. Ж. - М., 1990. – 172 с.
- [5] Черноиванов В.И., Голубев И.Г. Восстановление деталей машин (Состояние и перспективы). – Изд-во: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376 с.

Жаркевич О.М., Нуржанова О.А., Жунуспеков Д.С., Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.

**Ауыл шаруашылық техниканың корпусық бөлшектерін қайтадан қалпына келтіру**

**Түйіндеме.** Мақалада ауыл-шаруашылық техникасының корпусық тетік ақаулары келтірілген. Тербеліс мойынтірекері үшін қондыру саңылауларының тозу себептері баяндалған. Қондыру саңылауларының, жарылулардың, тесіктер жарықшаларының, бұранда тозуы мен сынуы беттерінің тозуын бұрынғы қалпына келу технологиясы келтірілген. Түрлі қалпына келтіру технологияларының тәртіптемелері баяндалған. Мақалада корпусық тетіктерді қалпына келтіру технологиялық үрдісін әзірлеу тәртібі келтірілген.

**Түйінді сөздер:** тозу, қондыру саңылауы, тербеліс мойынтірегі, жөндеу төлкесі, балқыма қаптау, жонып өндеу, эпоксидті шайыр.

Zharkevich O.M., Nurzhanova O.A., Zhunuspecov D.S., Kulikov V.Yu., Zharkevich O.M., Prokhorko K.N.

**Restoration of agricultural machinery hull parts**

**Summary.** The article presents defects in hull details of agricultural machinery. The reasons for wear of the landing holes for rolling bearings are described in the article. Technologies of restoration of wear of a surface of fitting holes, cracks, prickings of eyes, wear and damage of a carving are given in the article. Regimes of various recovery technologies are described in the article. The article describes the rules for developing the technological process for the restoration of hull parts.

**Keywords:** wear, fitting hole, rolling bearing, folding bushing, surfacing, boring, epoxy resin

УДК 621.74

**А.З. Исагулов, В.Ю. Куликов, Св.С. Квон, С.К. Аринова**  
(Карагандинский государственный технический университет  
Караганда, Республика Казахстан, sanya\_kazah@mail.ru)

**ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ СТАЛИ ЭИ 867**

**Аннотация.** Рассмотрены результаты исследований зависимости механических свойств от температуры жаропрочной стали ЭИ 867. Приведены результаты длительных испытаний на предел прочности и построены зависимости механических свойств от температуры испытаний.

**Ключевые слова:** жаропрочная сталь, механические свойства, температура, структура.

В настоящее время наибольшее распространение в качестве жаропрочных материалов получили высоколегированные стали и сплавы с интерметаллидным упрочнением, монокристаллические материалы, а также порошковые материалы.

Жаропрочные стали работают при высоких температурах под нагрузкой в течение заданного промежутка времени. Жаропрочные стали перлитного класса применяются для изготовления деталей паровых турбин, котлов. V и Nb измельчают зерно, Cr придает жаростойкость и жаропрочность. Жаропрочные стали применяют для изготовления клапанов двигателей, лопаток газовых и паровых турбин, деталей реактивных двигателей, работающих до 700°C. Они жаростойки, жаропрочны, окалинстойки, пластичны, свариваемы, хорошо обрабатываются всеми видами давления [1].

В Казахстане производство и, соответственно, изучение и развитие жаропрочных материалов развито слабо. Это связано, в первую очередь, с отсутствием полномасштабного производства высоколегированных сталей и сплавов в стране. Потребности в производстве высоколегированных сталей не требуют дополнительных разъяснений: все коррозионностойкие, жаропрочные, жаростойкие, высокопрочные, стали с особыми физическими свойствами и др. являются высоколегированными.

Существующая в Казахстане ситуация по производству высоколегированных сталей в целом, приводит к тому, что страна полностью зависит от импорта этих материалов и изделий из них. Если не предпринимать шаги в развитии собственной научно-исследовательской школы, а затем и производства высоколегированных сталей и, в частности, жаропрочных сплавов, то невозможно говорить о дальнейшем инновационном развитии страны [2].

Были проведены испытания технологии выплавки в промышленных испытаниях на ТОО «ПОЛЗ» и ТОО «КМЗ им. Пархоменко». Полученные детали были эксплуатированы в рабочем состоянии.

Измерение механических свойств материалов таких как: максимально возможная нагрузка при растяжении, сжатии, удлинении, ударная вязкость, предел прочности и т.д. имеют большое значение во всех отраслях промышленности.

В лабораторных условиях на испытательной машине ТРМП-50-Э для испытания на прочность и для изучения зависимости сопротивления материалов от температуры нагрева были проведены несколько испытаний.

Предел длительной прочности характеризует напряжение, под воздействием которого материал может длительное время работать, не подвергаясь значительной деформации. В результате испытаний определяют предел прочности – условное напряжение, под воздействием которого материал при данной температуре разрушается через заданный промежуток времени.

Определено что у стальных деталей, подвергающиеся длительному воздействию нагрузки, при повышенной температуре снижается предел прочности. С увеличением времени работы под нагрузкой, относительное удлинение также имело тенденцию к уменьшению. На рисунке 1 для стали ЭИ 867 показано изменение длительной прочности и удлинения при длительном испытании гладких образцов при 500 °С.

Более значительное уменьшение относительного удлинения и сужения указывает на наличие межкристаллического разрушения и трещин. При длительном воздействии нагрузки в большей или меньшей степени уменьшаются также ударная вязкость в зависимости от содержания легирующих элементов. Это увеличение хрупкости при высокой температуре, которое под воздействием нагрузки можно усилить или ускорить, как правило, устанавливают ударным испытанием на изгиб, проводимым при комнатной температуре.

Стали содержащие более 0,5 % V, в том числе и некоторые хромоникелемолибденовые стали с низким содержанием углерода, имеют повышенную склонность к указанному увеличению хрупкости при высокой температуре по сравнению с хромомолибденовыми сталями [3].

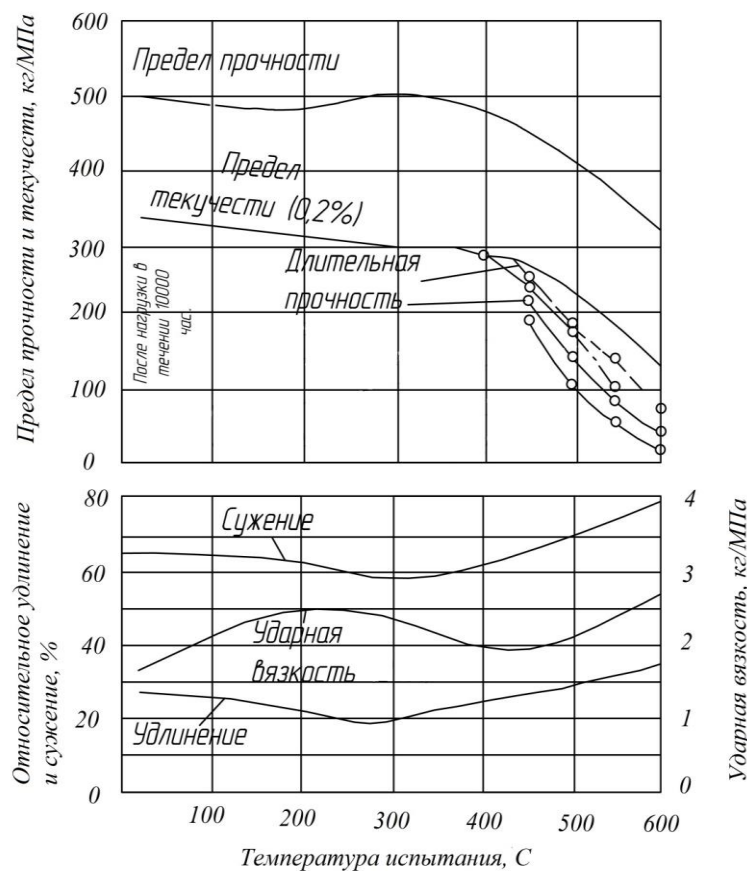
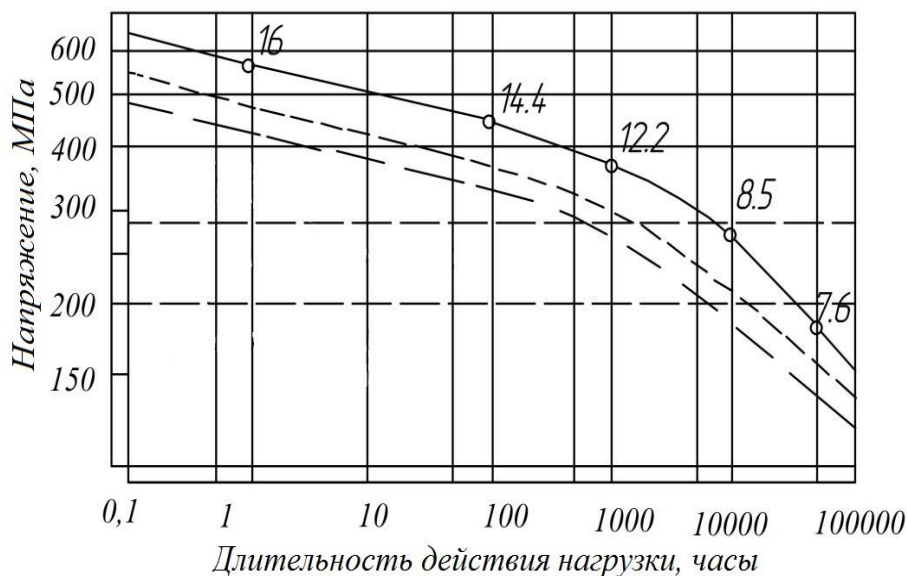


Рис. 1. Зависимость механических свойств от температуры испытаний между 20 и 600 °C стали ЭИ 867

Усталостная прочность у испытуемой стали с повышением температуры снижается, при меньшей температуре она обычно ниже, а при повышенной температуре выше, чем длительная прочность, определенная при статических испытаниях.

Предел прочности с повышением температуры также снижается, если только в интервале 200-300 °С не происходит выделения структурных составляющих, ведущего к упрочнению стали. Относительное удлинение и сужение по отношению к характеру изменения предела прочности, как правило, изменяются в противоположном направлении. Ударная вязкость с повышением температуры вначале несколько увеличивается, а затем обычно снижается, однако минимальное значение ударной вязкости лежит при значительной высокой температуре – обычно примерно при 500 °С. На рисунке 2 показана эта зависимость.

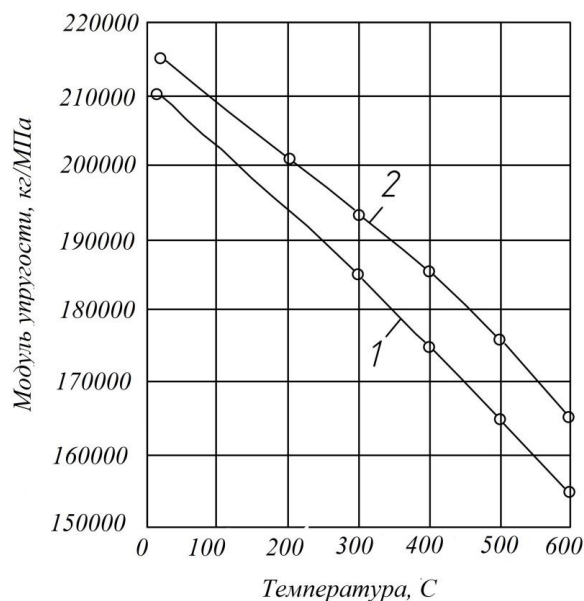
Для получения по возможности более стабильной структуры необходимо подвергнуть сталь заключительному высокому отпуску при температуре ниже точки  $A_{c1}$ , причем температура отпуска должна быть по крайней мере на 50 °С, а, желательно, на 100-150 °С выше температуры применения. Промышленные испытания также показали, что целесообразно производить дополнительный нагрев стали до температуры выше точки  $A_{c3}$  с последующим охлаждением на воздухе или в масле в сочетании с отпуском, или, по крайней мере, отжиг при температуре выше точки  $A_{c1}$  для снятия напряжений.



**Рис. 2.** Результаты длительных испытаний стали ЭИ 867 при 500 °С. Гладкий образец диаметром 10 мм. Цифры на кривых – удлинение (%).

Как и у всех жаропрочных сталей, коэффициент теплового расширения с повышением температуры возрастает. Как известно коэффициент теплового расширения это величина, характеризующая относительное изменение объёма или линейных размеров тела с увеличением температуры на 1 К при постоянном давлении.

Модуль упругости испытуемой стали приведен на рисунке 3.



**Рис. 3.** Модуль упругости жаропрочных сталей, определенный статическим 1 и динамическим 2 способом

Модуль упругости с повышением температуры постоянно снижается. В зависимости от способа его определения получали несколько различающиеся значения, причем при динамическом испытании полученные значения несколько выше, чем при статическом.

Таким образом, модуль упругости стали ЭИ 876 с повышением температуры постоянно снижается. Для получения более стабильной структуры необходимо подвергнуть сталь заключительному высокому отпуску при температуре ниже точки  $A_{c1}$ , причем температура отпуска должна быть по крайней мере на  $50^{\circ}\text{C}$ , а, желательно, на  $100-150^{\circ}\text{C}$  выше температуры применения.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Центробежное литье жаропрочных сплавов / Исагулов А.З., Квон Св.С., Щербакова Е.П., Ковалёва Т.В. Литейное производство, Издательский дом «Литейное производство», Москва, 2016, № 6, стр. 20-21.

[2] Enhancing surface roughness of castings when sand-resin mold casting / Т.Kovalyova, Е.Eremin, А.Dostayeva, S.Arinoва, I.Medvedeva Хорватия, Metalurgija. – ISSN 0543-5846, METABK 56(1-2) (2017). – pp. 135-138.

[3] Стали и сплавы. Марочник. Справ. изд./ В. Г. Сорокин и др. Науч. С77. В. Г. Сорокин, М. А. Гервасьев — М.: «Интермет Инжиниринг», 2001—608с, илл. ISBN 5-89594-056-0

Исагулов А.З., Куликов В.Ю., Квон Св.С., Аринова С.К.

#### **ЭИ 867 болат температурасынан механикалық қасиеттердің тәуелділігін зерттеу**

**Түйіндеме.** Мақалада отқа берік ЭИ867 болат температурасынан механикалық қасиеттердің тәуелділігін зерттеудің нәтижелері қарастарылған. Беріктікке ұзақ сынаудың нәтижелері келтірілген және сынау температураларының механикалық қасиеттерден тәуелділігі тұрғызылған.

**Кілт сөздер:** қызуға берік болат, механикалық қасиеттер, температура, құрылым.

Issagulov A.Z., Kulikov V.Yu., Kvon Sv.S., Arinova S.K.

#### **Investigations of mechanical properties depending on the temperature of steel EI 867**

**Summary.** The results of studies of the dependence of mechanical properties on the temperature of high-temperature steel EI 867 are considered. Results of long-term strength tests are presented and the dependence of mechanical properties on the test temperature is constructed.

**Key words:** Heat-resistant steel, mechanical properties, temperature, structure.

УДК 681.511.4 (043)

А. Бекбай, Ж.С. Бигалиева

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, Республика Казахстан, [ainura\\_b.t@mail.ru](mailto:ainura_b.t@mail.ru))

## СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЁТОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЛИНЕЙНОГО МЕТОДА

**Аннотация.** Целью исследований является изучение различных методов построения контуров управления плоским самолетом вертикального взлета и посадки, определение их слабых и сильных сторон, нахождение области применения для каждого из них.

При исследовании использовались аналитические методы теории автоматического управления и методы математического моделирования динамических систем на ПЭВМ.

**Ключевые слова:** Самолет вертикального взлета и посадки, СВВП, управление вектором тяги, устойчивость конструкций, векторная тяга.

При исследовании использовались аналитические методы теории автоматического управления и методы математического моделирования динамических систем на ПЭВМ.

В результате были выявлены сильные и слабые стороны рассматриваемых алгоритмов управления и определены границы их применения. На основе этих данных были выработаны рекомендации по выбору алгоритма управления для конкретных технических задач.

Мы будем рассматривать СВВП перемещающимся в плоскости, перпендикулярной своей продольной оси (такой самолет изображен на рисунке 1). Данное упрощение позволяет в значительной мере сократить количество состояний и входов системы, но, в то же время, сохранить все особенности, которые должны быть учтены при разработке законов управления реального летательного аппарата.

В данной работе в качестве исследуемого самолета мы будем рассматривать американский штурмовик *AV-8B Harrier II*.

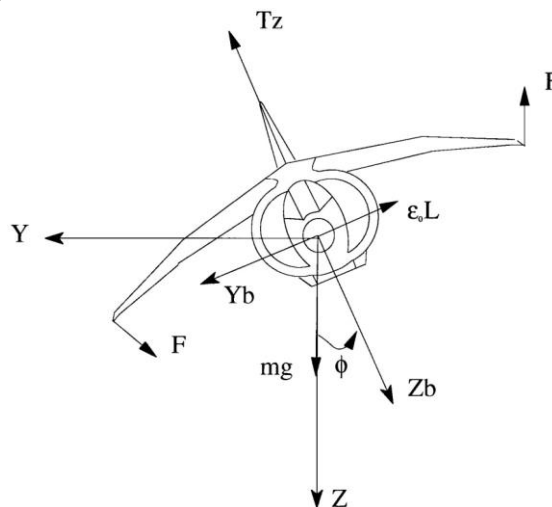


Рис. 1. Плоский самолет вертикального взлета/посадки.

Степени свободы такого аппарата - это координаты центра масс  $Y$  и  $Z$  на плоскости, и угол крена  $\phi$ , а также соответствующие скорости  $\dot{Y}, \dot{Z}, \dot{\phi}$ . Управляющими входами являются вектор тяги  $T_z$ , направленный вертикально вниз в системе координат самолета, и вращающий момент по каналу крена  $L$ , который создается четырьмя соплами (называемыми струйными рулями), расположенными на концах консолей крыла. Они выполнены в виде небольших отверстий в верхней и нижней части крыла, через которые протекает часть реактивных газов, которые производятся главной силовой установкой самолета. Данные сопла включаются в противофазе (правое нижнее и левое верхнее либо наоборот), что позволяет использовать их для придания вращения самолету по каналу крена.

Следует подробнее объяснить происхождение силы  $\epsilon_0 L$ , которая появляется при не нулевом моменте вращения самолета. Данная сила достаточно мала, и является следствием особенности геометрии струйных рулей самолета (смотри рисунки 1.2 и 1.3). Так как вектор тяги рулей не параллелен

оси  $Z$  собственной системы координат (в рассматриваемом аппарате угол расхождения составляет  $5^\circ$ ), то при положительном вращающем моменте (вправо, относительно пилота) будет создаваться сила, отклоняющая самолет влево, и наоборот.

$$-m\ddot{Y} = -T_z \sin(\varphi) + \varepsilon_0 L \cos(\varphi); \quad (1)$$

$$-m\ddot{Z} = T_z \cos(\varphi) + \varepsilon_0 L \sin(\varphi) - mg; \quad (2)$$

$$I_x \ddot{\varphi} = L; \quad (3)$$

где  $\varepsilon_0$  – малый коэффициент, характеризующий соотношение между крутящим моментом и боковой силой смещения  $\varepsilon_0 L$  самолета.

Для упрощения мы разделим уравнения 1 и 2 на массу самолета  $m$ , и 3 на его момент инерции относительно оси  $I_x$ . Пока примем, что ни масса, ни момент инерции во время полета не изменяются. Позже мы обобщим решение на случай изменяющихся параметров самолета.

Определим следующие величины:  $y = -Y$ ,  $z = -Z$ ,  $u_1 = -T_z/m$ ,  $u_2 = -L/I_x$ ,  $\varepsilon = \varepsilon_0 I_x/m$ . После введения такой замены переменных система уравнений примет вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{y} = -u_1 \sin(\varphi) + \varepsilon u_2 \cos(\varphi); \\ \ddot{z} = u_1 \cos(\varphi) + \varepsilon u_2 \sin(\varphi) - g; \\ \ddot{\varphi} = \lambda u_2; \end{array} \right. \quad (4)$$

где  $\lambda > 0$  – инерциальный коэффициент с номинальным значением, равным 1.

Математическая модель ПСВВП, созданная на основе системы (4) в пакете MATLAB Simulink представлена на рисунке 2

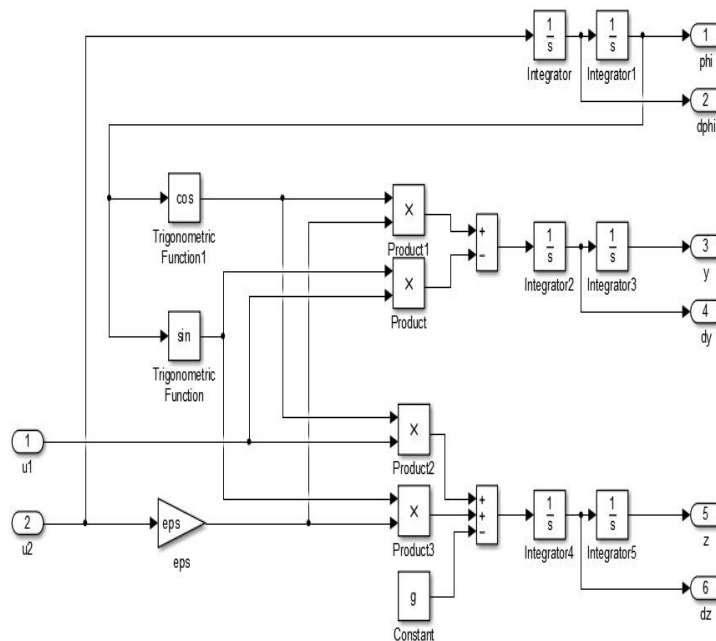


Рис. 2. Модель ПСВВП, составленная в пакете MATLAB Simulink

Примечание: Под переменной eps понимается параметр  $\varepsilon$ . Его точное значение будет приведено ниже.

Стоит подробнее рассмотреть коэффициент  $\varepsilon$ . Как уже говорилось выше, именно его наличие делает систему неминимально-фазовой, передавая сигнал управления по углу в цепи управления положением. Так же мы упоминали, что этот коэффициент мал (для рассматриваемого самолета



$\varepsilon_0 = 0,01$ ), поэтому исторически первый закон управления ПСВВП был основан на принятии  $\varepsilon$  равным нулю. Рассмотрим это преобразование. Система (1.4) примет следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{y} = -u_1 \sin(\varphi); \\ \ddot{z} = u_1 \cos(\varphi) - g; \\ \ddot{\varphi} = \lambda u_2; \end{array} \right. \quad (5)$$

Мы видим, что теперь сигнал  $u_2$  управляет только углом крена, а сигнал  $u_1$  – только положением самолета в пространстве.

Однако в случае большого коэффициента  $\varepsilon_0$  данное допущение оказывается неприменимым. Вернемся к системе (1.4) и произведем следующую замену переменных:

$$\bar{y} = y - \varepsilon \sin(\varphi); \quad (6)$$

$$\bar{z} = z + \varepsilon(\cos(\varphi) - 1); \quad (7)$$

После преобразования уравнения динамики примут вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{\bar{y}} = -\bar{u}_1 \sin(\varphi); \\ \ddot{\bar{z}} = \bar{u}_1 \cos(\varphi) - g; \\ \ddot{\varphi} = u_2; \end{array} \right. \quad (8)$$

где  $\bar{u}_1 = u_1 - \varepsilon \dot{\varphi}^2$ . Данную замену переменных впервые применил R. Olfati-Saber. Она примечательна тем, что система, полученная после преобразования координат, совпадает с системой (1.5). Это позволяет рассматривать более простые законы управления без потери общности решения для систем с большими коэффициентами взаимозависимости между каналами управления.

В данной статье мы проведем сравнительный анализ трех регуляторов – линейного, модернизированного линейного и регулятора, содержащего вложенные ограничения. В данном разделе изложены математические выкладки, позволяющие получить эти законы управления.

Стоит пояснить, что, хотя в нашей работе и рассматривается линейный регулятор, но все законы управления являются нелинейными, так как описанные выше регуляторы работают не с реальными координатами СВВП, а с виртуальными, полученными посредством нелинейного преобразования исходных координат.

#### **Модернизированный линейный метод**

Данный метод весьма схож с линейным, но имеет некоторые преимущества, в частности, отсутствует весьма грубое замещение тангенса линейной зависимостью, которое имело место быть в предыдущем методе. Преимущества и недостатки данного метода подробнее рассмотрим в разделе 1.3.

Согласно уравнениям (1.73) и (1.75):

$$\left\{ \begin{array}{l} \ddot{y} = -g \cdot \tan \varphi; \\ \ddot{\varphi} = u_2; \end{array} \right. \quad (9)$$

$$(10)$$

Введем виртуальный сигнал управления в виде

$$v = \tan \varphi. \quad (11)$$

В таком случае уравнение (1.82) примет вид

$$\ddot{y} = -gv; \quad (12)$$

Будем искать управление в виде пропорционально-дифференциального регулятора. В таком случае сигнал управления следует искать в виде

$$v = k_1 \dot{y} + k_2 y; \quad (13)$$

В таком случае

$$\ddot{y} + gk_1 \dot{y} + gk_2 y = 0. \quad (14)$$

Пусть желаемая динамика задана уравнением

$$\ddot{y} + 2\dot{y} + y = 0. \quad (15)$$

Отсюда нетрудно выразить  $k_1 = 2/g$  и  $k_2 = 1/g$ .

Из уравнения (1.89) очевидным образом следует, что

$$\varphi = \varphi_{\text{зад}} = \arctan(v); \quad (16)$$

Теперь рассмотрим уравнение (1.83). Найдем такое  $u_2$ , чтобы  $\varphi$  стремилось к  $\varphi_{\text{зад}}$ . Для этого возьмем сигнал управления в виде

$$u_2 = \alpha_1 \dot{\varphi} + \alpha_2 (\varphi - \varphi_{\text{зад}}); \quad (17)$$

Отсюда следует, что

$$\ddot{\varphi} + \alpha_1 \dot{\varphi} + \alpha_2 (\varphi - \varphi_{\text{зад}}) = 0. \quad (18)$$

Примем  $\alpha_1=20$ , а  $\alpha_2 = 100$ . При таких параметрах динамика по каналу  $\varphi$  будет быстрее, чем по каналу  $y$ .

Таким образом, мы получили следующие законы управления:

$$u_2 = \alpha_1 \dot{\varphi} + \alpha_2 (\varphi - \varphi_{\text{зад}}); \quad (19)$$

$$\varphi_{\text{зад}} = \arctan(k_1 \dot{y} + k_2 y); \quad (20)$$

Модель регулятора, составленная в программном пакете MATLAB Simulink представлена на рисунке 1.7.

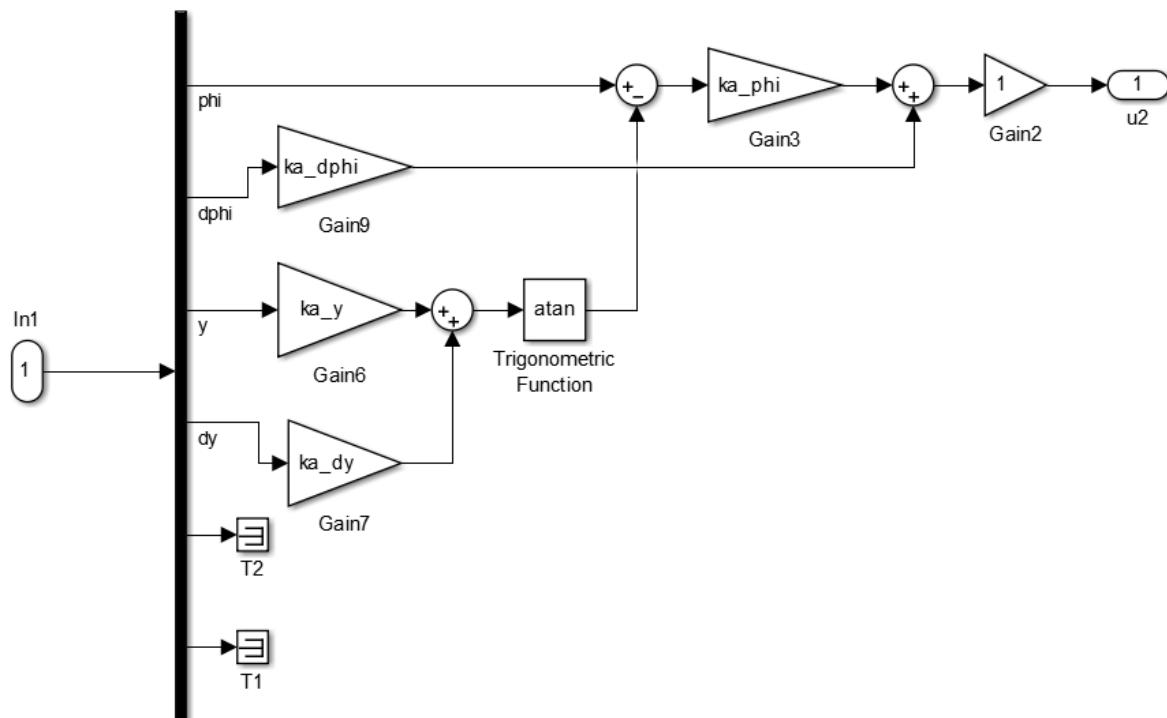


Рис. 3. Модель модернизированного линейного регулятора.

Как мы видим по рисунку 4 модернизированный линейный регулятор работает значительно лучше обычного линейного регулятора. Оценить время переходного процесса можно по рисунку 5.

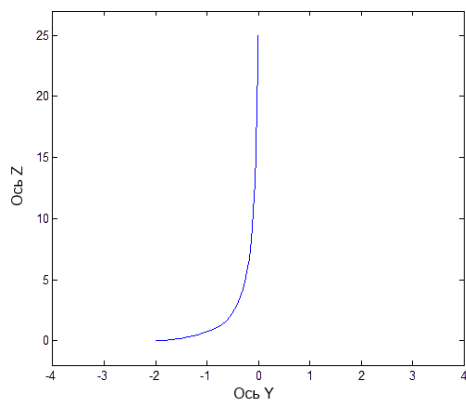


Рис. 4. Результат работы модернизированного линейного регулятора.

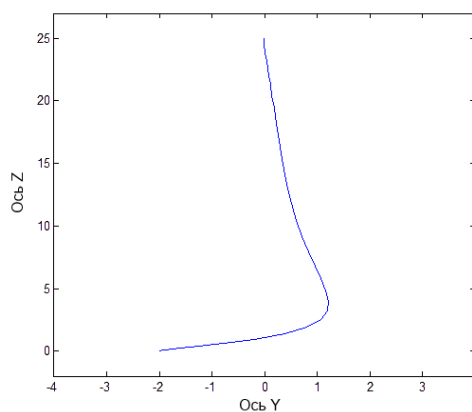


Рис. 5. Результат работы регулятора, построенного методом вложенных ограничений.

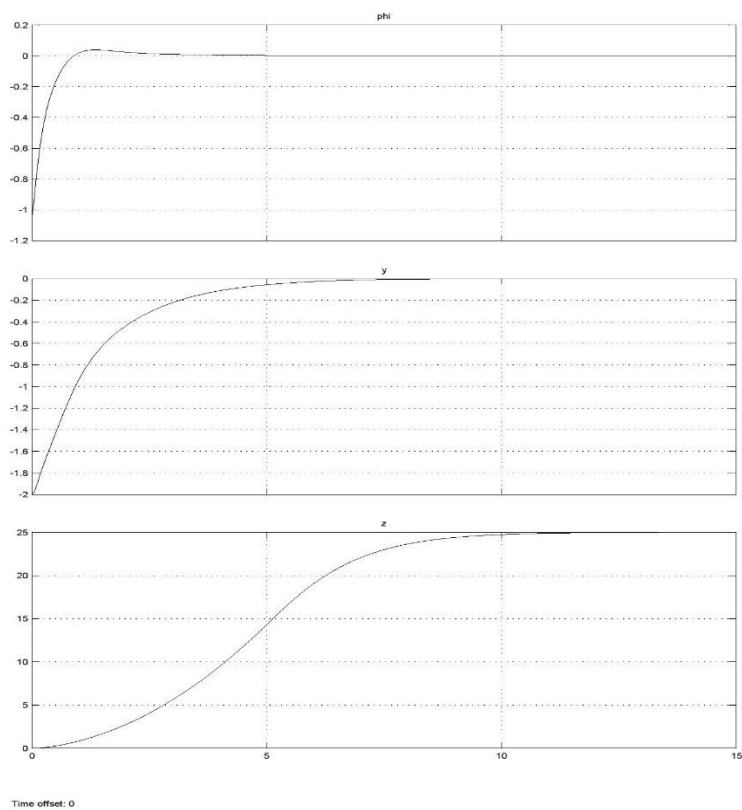


Рис. 6. Результат работы модифицированного линейного регулятора.

Как видно из рисунка 4 при применении регулятора, полученного методом вложенных ограничений, перерегулирование получается значительно меньшим, чем при применении классического линейного PD-регулятора (120% против 220%), однако в данном режиме из трех регуляторов лучшие характеристики переходного процесса получились при применении модернизированного линейного регулятора.

Из этого можно сделать вывод, что модернизированный линейный регулятор лучше работает при больших управляющих сигналах, регулятор, построенный методом вложенных ограничений – при малых, а стандартный линейный является неким универсальным контроллером, работающим при любых режимах, впрочем, управление, полученное от него не является наиболее оптимальным.

**Достоинства:** показывает наилучшее быстродействие и наименьшее перерегулирование. Траектория движения ПСВВП при использовании данного алгоритма оказалась наиболее близкой к идеальной.

**Рекомендации:** подходит для аппаратов с вертикальным взлетом и посадкой, для которых не характерны большие углы крена, но которые обладают большой тяг вооружённостью. Для примера применения данного алгоритма можно привести ракетную технику.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Hauser J., Sastry S., Meyer G. Nonlinear Control Design for Slightly Non-minimum Phase Systems: Application to V/STOL // Automatica. – 1992. – №4 (28). – p. 665-679.
- [2] Castillo P., Garcia O., Lozano R. Linear and nonlinear control strategies to stabilize a VTOL aircraft comparative analysis – Berlin: Springer, 2005. -252 p., il.
- [3] Цихош Э. Сверхзвуковые самолёты пр. Самолёты вертикального взлёта и посадки - Москва, 1983. – 88с.
- [4] Хафер К. Техника вертикального взлета и посадки / К. Хафер, Г. Загс; пер. с нем. – Москва: Мир, 1985. -376 с., ил.

Бекбай А.Т., Бигалиева Ж.С.

**Модернизацияланған сызықтық әдісі негізінде тік ұшып-қону ұшағының басқару алгоритмінің синтезі**

**Түйіндемe.** Мақалада модернизацияланған сызықтық үлгінің негізінде тік ұшып-қону ұшағының басқару алгоритмінің синтезін зерттеу қарастырылған. Жалпы, басқару теориясының ең негізгі тапсырмаларының бірі ол – ұшатын аппараттардың ұшуын басқару. Ауаның тығыздығы мен қозғалтқыштың ішкі динамикасын есепке алатын ұшақтың толық динамикасы және көптеген өзгермелі шамалар басқару үшін тым қиын, тіпті басқарылмайды десе де болады. Осының негізінде мамандардың қызығушылығын қарапайым ұшу аппараттары өзіне аударды. Ол аппараттардың ерекшелігі кірісінде минималды кіріс күйі мен сигналдары бар, бірақ маңызды қасиеттерді сақтауы болып табылады.

**Кілт сөздер:** Тік ұшып-қону ұшағы, ТҰҚҰ, векторлық күшпен басқару, құрылымның орнықтылығы, векторлық күш.

Bekbay A.T., Bigaliev Zh. S.

**Synthesis of control algorithms for vertical take-off and landing aircraft on the basis of modernized linear method**

**Summary.** Flight control is an essential control problem that appears in many applications such as spacecraft, aircraft and helicopters. The complete dynamics of an aircraft, taking into account aeroelastic effects, flexibility of the wings, internal dynamics of the engine and the multitude of changing variables, are quite complex and somewhat unmanageable for the purposes of control. It is also particularly interesting to consider a simplified aircraft, which has a minimum number of states and inputs but retains the main features that must be considered when designing control laws for a real aircraft.

**Keywords:** Planer vertical take-off and landing aircraft, PVTOL, control of vectored thrust, stability of structures, vectored thrust.

УДК 669.5

**Ж.Д. Жолдубаева, Е.П. Набоко, Ж.Б. Смагулова**  
(Карагандинский государственный технический университет  
Караганда, Республика Казахстан, zhuma-77@mail.ru)

## **РАФИНИРОВАНИЕ ЦИНКА ФИЛЬТРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ**

**Аннотация.** В последние десятилетия широкое применение получил фильтрационный метод очистки металлов и сплавов. В статье показан метод рафинирования расплава цинка фильтрованием. Для этого были применены зернистые фильтры, состоящие из гранулированного магнетита. Приведенные в статье результаты металлографического анализа, показывающие стабильное уменьшение количества неметаллических включений подтверждают эффективность применения зернистых фильтров для рафинирования цинка.

**Ключевые слова:** фильтр, рафинирование, цинк, магнетит, включения.

Современное состояние металлургии характеризуется коренным изменением масштаба производства качественного металла. Развитие машиностроения и других металлопотребляющих отраслей во всех странах предопределяет разнообразные мероприятия, проводимые металлургами с целью повышения чистоты производимых сплавов. Неизбежное при этом усложнение технологии оправдывается достигаемыми результатами, поэтому в мировой практике технологии внепечной обработки применяются практически на всех заводах качественной металлургии [1].

Покрытия, содержащие цинк, позволили расширить область применения цинка в автомобильной промышленности, для крупногабаритных конструкций, например стационарных морских сооружений, танкеров и цистерн судов, плавучих и стационарных морских платформ, стартовых конструкций для запуска ракет, строительных сооружений, протяженных трубопроводов, коммуникаций и многих других металлоконструкций и изделий [2].

На свойствах цинка сильно сказывается степень его чистоты. При концентрации более 99% цинк становится нерастворимым в кислотах даже при сильном нагревании. Цинк такой чистоты отличается и большой пластичностью.

Поэтому создание технологий, позволяющих получать цинк высокой чистоты, на сегодняшний день является актуальной задачей.

Наряду с широко известными способами рафинирования в последние десятилетия широкое применение получил относительно новый для металлургической отрасли фильтрационный метод очистки металлов и сплавов, отличающийся высокой эффективностью и доступностью, поскольку не требует для его реализации больших капитальных вложений и при этом легко вписывающийся в существующие технологические процессы. Суть этого способа состоит в пропускании металлического расплава через фильтрующее устройство, при прохождении через который в результате физико-химических, адгезионных и адсорбционных, механических и других явлений происходит рафинирование металлического расплава от неметаллических включений (НМВ) и вредных примесей [3].

В качестве достоинств этих фильтров можно отметить следующее:

- высокая комплексная рафинирующая способность, не уступающая пенокерамическим фильтрам,
- простота технологии изготовления фильтрующих элементов в виде гранул различной пористости из доступных и недорогих материалов,
- уникальная возможность варьирования состава фильтра в зависимости от природы фильтруемого расплава и удаляемой примеси,
- возможность управления степенью рафинирования и регулирования пропускной способности фильтра за счёт изменения размера насыпных элементов, их пористости, высоты фильтрующего слоя и др.

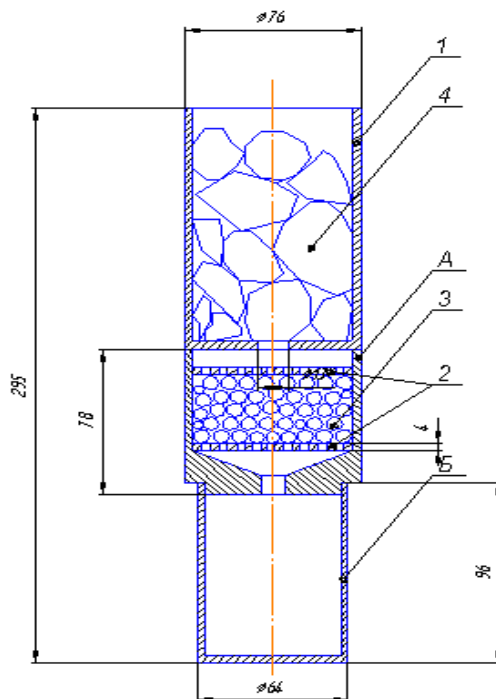
Важно отметить, что фильтрационный способ с использованием объёмных фильтров, в отличие от многих других методов, позволяет очищать металлический расплав, как от первичных, так и вторичных включений, образующихся к моменту фильтрации, а при заливке отфильтрованного металла сразу в какую либо форму фактически устраняет явление вторичного окисления.

Для проведения лабораторных исследований влияния фильтрования на содержание вредных примесей в цинке предварительно изготавливали фильтрующие элементы из магнетита в виде гранул диаметром 5-7 мм, используя для этого тарельчатый гранулятор [4]. В качестве связующего применя-

ли водный раствор жидкого стекла. Получаемые гранулы после сушки на воздухе подвергали прокаливанию при температуре 800-900°C.

С целью соблюдения условий изотермичности [5] при проведении лабораторных экспериментов по исследованию влияния фильтрования технического кремния на загрязнённость вредными примесями была изготовлена фильтрующая оснастка, приведенная на рисунке 3 и состоящая из трёх основных частей: плавильного тигля 1 (с отверстием в дне, закрываемый стопором), устанавливаемый непосредственно на фильтрующую секцию А, которая в свою очередь точно ставится на металлоприёмник Б.

Секция А собирается в следующем порядке: на дно воронки укладывается огнеупорная сетка 2, на которую засыпаются гранулы 3 и сверху закрепляется вторая сетка 2. Собранная фильтрующая оснастка (рисунок 1) устанавливается непосредственно в печи Таммана.



1-тигель, 2-сетки нижняя и верхняя, 3-фильтрующие элементы, 4- шихта, 5-металлоприёмник

**Рис. 1.** Фильтрующая оснастка в сборе

Масса навески цинка, засыпаемого в плавильный тигель составляла 400 г. По мере нагрева и последующего расплавления металлургического кремния одновременно нагревался и фильтр. При достижении температуры 419-420С расплав пропускали через фильтр в металлоприёмник Б. После полного охлаждения печи производили разбор фильтрующей оснастки, извлекали слиток фильтрованного цинка, из срединной части которого отбирали пробу для проведения анализов.

Изучение состава неметаллических включений с применением электронного микроскопа с рентгеновским микроанализатором фирмы «Jeol» показало, что в слитках основная масса включений светло-серого и светло-розового цвета, представляет собой интерметаллиды. Оксидные включения в виде имеют тёмно-серый цвет.

Результаты металлографического количественного анализа загрязнённости цинка включениями приведены в таблице 1. Из результатов металлографического анализа следует, что в фильтрованном цинке, в отличие от исходной (нефильтрованной), максимальный размер включений не превышает 20 мкм. При этом важно отметить, что в ней заметно сокращается количество включений всех размерных групп, т.е. удаляются как относительно крупные (>10 мкм), так и мелкодисперсные (2-4 мкм) частицы. В целом суммарная загрязнённость цинка всеми включениями снижается с  $3,85 \cdot 10^{-3}$  до  $2,97 \cdot 10^{-3}$ , т.е. примерно на 25%.

Таблица 1. Результаты количественного металлографического подсчета загрязненности НМВ в исходном и фильтрованном цинке

Вариант разливки цинка	Индекс загрязненности НМВ ( $I_i \cdot 10^3$ )							$\Sigma I_i \cdot 10^3$
	по размерным группам, мкм							
	2-4	4-8	8-12	12-16	16-20	20-24	24-28	
без фильтрования	0,45	1,00	1,20	0,6	0,35	0,25	0	3,85
через фильтр из MgO	0,39	0,95	0,83	0,5	0,30	0	0	2,97

По сравнению с другими видами рафинирования [6] фильтрование цинка позволяет уменьшить содержание оксидных включений до 90% и интерметаллидных включений до 85% (рисунок 2).

Следует отметить, что независимо от способа очистки отделение оксидных включений идет полнее, чем интерметаллидных. Это объясняется, по видимому, лучшим смачиванием интерметаллидов расплавом.

$C/Co \cdot 100\%$

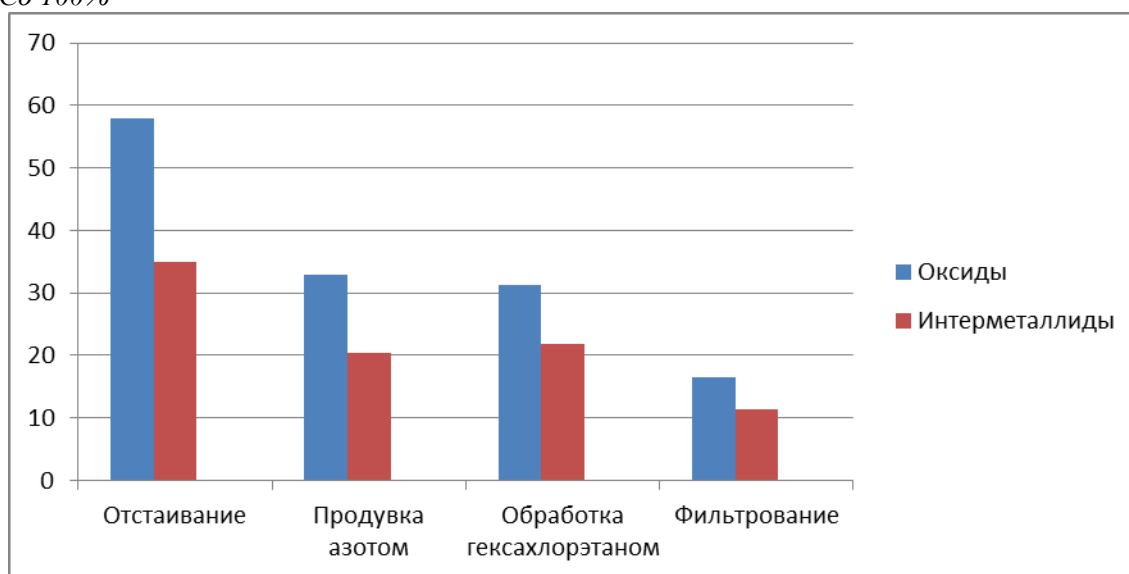


Рис. 2. Эффективность очистки расплава цинка

Таким образом, по сравнению с другими видами рафинирования фильтрование цинка позволяет уменьшить содержание оксидных включений до 90% и интерметаллидных включений до 85% (рисунок 2).

Следует отметить, что независимо от способа очистки отделение оксидных включений идет полнее, чем интерметаллидных. Это объясняется, по видимому, лучшим смачиванием интерметаллидов расплавом.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Киманов Б.М., Тен Э.Б., Ким В.А., Жолдубаева Ж.Д. Фильтрационное рафинирование ферромарганца // Известия вузов. Черная металлургия. - 2008. - № 9. - С.69-70.
- [2] Жолдубаева Ж.Д. Разработка и исследование процесса фильтрационного рафинирования технического кремния с целью повышения его качества: дис. ... док. PhD - Алматы, 2014. - С. 122.
- [3] Тен Э.Б., Рунов О.В., Киманов Б.М. Эффективность фильтрационного рафинирования жидких металлов в изотермических и неизотермических условиях // Труды междунар. науч.-практ. конф «Прогрессивные литейные технологии». – Москва. – 2000. – С.145-148.
- [4] Жолдубаева Ж.Д. Фильтрационное рафинирование цинка от вредных примесей //XIV Межд. науч.-практ. конф. «Отечественная наука в эпоху изменений: постулаты прошлого и теории нового времени». – Россия, г. Екатеринбург, 2015.
- [5] Исагулов А.З., Киманов Б.М., Тен Э.Б., Жолдубаева Ж.Д. Фильтрование – эффективный метод рафинирования жидких металлов //Труды университета. – Караганда, 2015. - № 6.



[6] Курдюмов А.В., Белов В.Д., Пикунов М.В. Чурсин В.М., Герасимов С.П., Моисеев В.С. Производство отливок из сплавов цветных металлов. - 3-е изд. – М.: МИСиС, 2011.- 615с.

Жолдубаева Ж.Д., Набоко Е.П., Смагулова Ж.Б.

**Мырышты сүзгілеу әдісімен тазарту**

**Түйіндеме.** Жұмыста мырышты бейметалл қоспалардан тазартудың сүзгілік әсері эксперименталды орнатылған. Бейметалл қоспалардың сүзгілеуге дейін және кейін мөлшерінің өзгеруі бойынша мәліметтер келтірілген. Алынған нәтижелер тазартудың басқа түрлерімен салыстырылды, нәтижесінде мырышты сүзгілік тазарту оксидті және интерметаллидті қоспаларды неғұрлым толығырақ азайтуға мүмкіндік беретіні анықталды.

**Түйін сөздер:** сүзгі, тазарту, мырыш, магnezит, қоспа

Zholdubayeva Zh.D., Naboko Y.P., Smagulova Zh.B.

**Refining zinc by filtration method**

**Summary.** The work experimentally established filtration effect of zinc refining from nonmetallic inclusions. It represents data on the change of number of nonmetallic inclusions before and after filtration. The obtained results were compared with other types of refining, as a result it was revealed that the filtration refining of zinc allows to more fully reduce the content of oxide and intermetallic inclusions.

**Key words:** filter, refining, zinc, magnesite, inclusions

УДК: 665.644.001.5(574.2)

**Г.Р. Бурумбаева<sup>1</sup>, Р.М. Дюсова<sup>1</sup>, Г.Ж. Сейтенова<sup>2</sup>, Е.Н. Ивашкина<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет им.С.Торайгырова, Казахстан, г.Павлодар

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

[burumbaeva.galiya@gmail.com](mailto:burumbaeva.galiya@gmail.com))

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА И КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ С УСТАНОВКИ  
КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА С УЧЕТОМ ГРУППОВОГО СОСТАВА  
ВАКУУМНОГО ДИСТИЛЛЯТА**

**Аннотация:** Описано влияние параметров технологического процесса на выход и качество бензина, жирного газа процесса каталитического крекинга. Приведены результаты в виде графиков с учетом использования метода математического моделирования.

**Ключевые слова:** каталитический крекинг, математическое моделирование, вакуумный дистиллят, октановое число.

Нефтегазовой отрасли промышленности отведено особое место в стратегии развития Казахстана до 2030 г. Основной целью программы является повышение конкурентоспособности нефтегазовой отрасли Республики Казахстан [1].

В соответствии с программой индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на период 2015-2019 гг., на всех нефтеперерабатывающих заводах Республики Казахстан (Атырауский НПЗ, Шымкентский НПЗ и Павлодарский НПЗ) реализуются проекты развития, модернизации и внедрение новых установок переработки нефтяного сырья.

Так, например, на Атырауском НПЗ предусмотрено строительство 12 технологических установок, в том числе комплекса глубокой переработки нефтяного сырья с введением установки каталитического крекинга и установок гидроочистки. На Павлодарском НПЗ в рамках проекта будут введены новые установки изомеризации и сплиттера нефти, а также проведена реконструкция установок, в том числе установки каталитического крекинга [2].

Среди вторичных процессов переработки нефтяного сырья особую роль занимает процесс каталитического крекинга, который позволяет дополнительно производить до 15-20% от перерабатываемого сырья высокооктанового бензина, а также жирного газа, богатого пропан-пропиленовой и бутан-бутиленовой фракциями. Кроме того, в процессе каталитического крекинга образуется кокс, который приводит к обратимой дезактивации катализатора и, наряду с этим, кокс

необходим для поддержания теплового баланса системы «реактор-регенератор», т.к. в процессе окислительной регенерации катализатора выделяется тепло. Поэтому требуется снизить количество кокса, образующегося на поверхности, кроме количества, требуемого для поддержания теплового баланса системы.

Выход и качество продуктов с установки каталитического крекинга определяется групповым составом перерабатываемого сырья, большим числом параметров технологического режима работы реакторно-регенераторного блока, структурно-селективными свойствами катализатора и др. Метод математического моделирования является одним из способов повышения эффективности эксплуатации промышленных установок, позволяющий проводить исследования без участия действующих промышленных объектов.

Целью работы является прогнозирование выхода высокооктанового бензина, жирного газа и кокса в технологии каталитического крекинга в зависимости от группового состава сырья с применением математической модели процесса.

В работе предоставлены результаты расчетов по влиянию состава сырья и кратности циркуляции катализатора на выход и октановое число бензиновой фракции, жирного газа и кокса с применением математической модели процесса каталитического крекинга, разработанной на основании формализованной схемы превращений углеводородов [3].

Для расчетов по модели выбраны 2 типа сырья, представленные в таблице 1. Определение группового состава сырья каталитического крекинга выполнено методом жидкостно-адсорбционной хроматографии. Параметры технологического режима работы реакторно-регенераторного блока для расчетов по модели представлены в таблице 2.

Таблица 1. Групповой состав сырья процесса каталитического крекинга

Группа углеводородов	Содержание % мас.	
	Сырье-1	Сырье-2
Насыщенные углеводороды	73,3	65,9
Ароматические углеводороды	23,1	30,1
Смолы	3,6	4,0

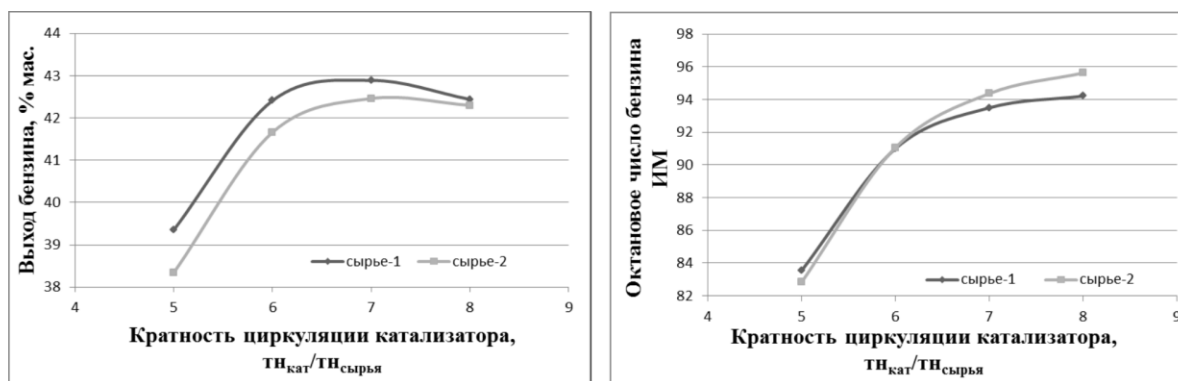
В соответствии с таблицей 1, Сырье-1 каталитического крекинга характеризуется большим содержанием насыщенных углеводородов (73,3 % мас.) по сравнению с Сырьем-2 (65,9 % мас.). Содержание ароматических углеводородов и смол выше в Сырье-2 (30,1 и 4,0 % мас.).

Таблица 2. Основные параметры технологический режим работы реактора для расчетов по модели

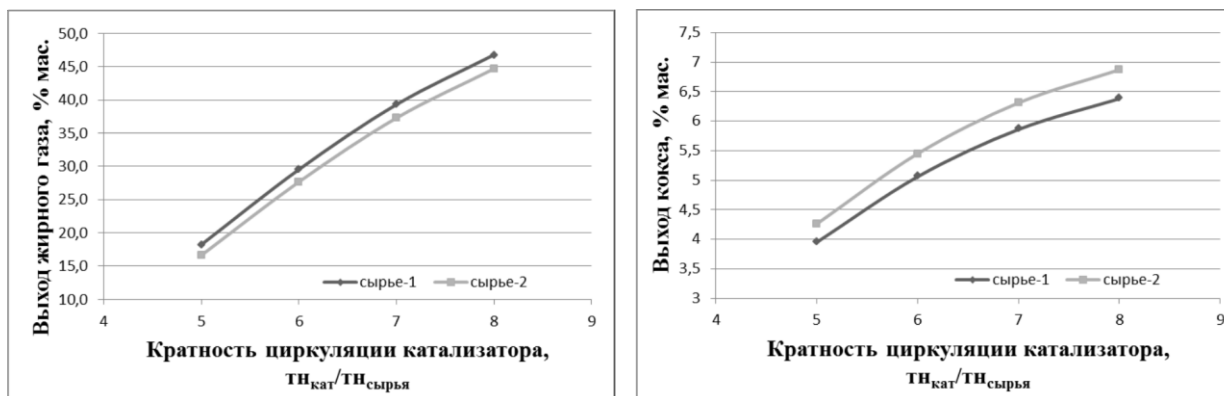
Параметры процесса	Значение
Расход сырья на установку, м <sup>3</sup> /ч	186,0
Температура сырья на входе реактор, °С	275,6
Расход пара в реакционную зону лифт-реактора, кг/ч	11960,6
Расход шлама в реактор, м <sup>3</sup> /ч	14,0
Суммарный расход пара в зону десорбции, кг/ч	4570,0
Температура регенерированного катализатора, °С	664,5
Давление, кгс/см <sup>2</sup>	1,5
Кратность циркуляции катализатора $T_{кат}/T_{сырья}$	6,3

С применением математической модели показано, что состав сырья в значительной степени оказывает влияние на показатели процесса каталитического крекинга. Так, выход бензиновой фракции и жирного газа выше для сырья-1 и составляет 42,3 % мас. и 32,4 % мас. соответственно, в то время как при работе на сырье-2 выход бензиновой фракции и газа составил 41,3 % мас. и 30,5 % мас. соответственно. При этом выход кокса выше при работе на сырье с высоким содержанием ароматических углеводородов (5,7 % мас. – сырье-2 и 5,3 % мас. сырье-1).

Проведена оценка влияния кратности циркуляции катализатора с учетом состава перерабатываемого сырья и температуры в зоне вывода регенерированного катализатора.



**Рис. 1.** Зависимость выхода и октанового числа бензина от кратности циркуляции катализатора и состава перерабатываемого сырья



**Рис. 2.** Зависимость выхода жирного газа и кокса от кратности циркуляции катализатора и состава перерабатываемого сырья

Расчеты по модели показали, что выход бензиновой фракции при увеличении кратности циркуляции катализатора с 5 до 7  $\frac{тн_{кат}}{тн_{сырья}}$  возрастает с 39,5 до 43,0 % мас. – при переработке сырья с высоким содержанием насыщенных углеводородов (73,1 % мас.) и с 38,4 до 42,4 % мас. – при переработке сырья с повышенным содержанием ароматических углеводородов (30,1 % мас.). При дальнейшем увеличении кратности циркуляции катализатора выход бензиновой фракции понижается до 42,4 % мас. – для сырья-1 и 42,2 % мас. – для сырья-2, что связано с увеличением скоростей реакций крекинга углеводородов бензиновой фракции с образованием газообразных продуктов и продуктов уплотнения. При этом октановое число бензиновой фракции при переработке вакуумного дистиллята с высоким содержанием ароматических углеводородов выше (рисунок 1) При увеличении кратности циркуляции катализатора октановое число бензиновой фракции возрастает за счет увеличения содержания ароматических углеводородов в бензиновой фракции.

Выход жирного газа при увеличении кратности циркуляции катализатора постоянно увеличивается, что связано с увеличением скорости вторичных реакций крекинга. При переработке сырья с повышенным содержанием насыщенных углеводородов выход газа выше и возрастает с 18,2 до 46,8 % мас. при увеличении кратности циркуляции катализатора с 5 до 8  $\frac{тн_{кат}}{тн_{сырья}}$ .

Выход кокса возрастает с 3,9 до 6,4 % мас. – при переработке сырья-1 и с 4,3 до 6,9 % мас. – при переработке сырья-2 за счет увеличения скоростей реакций конденсации ароматических углеводородов с образованием продуктов конденсации (рисунок 2). При этом выход кокса при переработке сырья с высоким содержанием смолистых соединений и ароматических углеводородов выше.

Таким образом, применение математической модели реактора каталитического крекинга позволяет прогнозировать показатели процесса каталитического крекинга (выход и качество бензиновой фракции, кокса, газа) в зависимости от состава перерабатываемого сырья и технологического режима работы реакторного блока. Комплексная оценка влияния этих параметров на производительность установки и качество получаемых продуктов позволит оптимизировать работу промышленного реактора каталитического крекинга с учетом состава перерабатываемого сырья и технологического режима работы реактора.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Послание Президента Республики Казахстан Н.А. Назарбаев к народу. 2010 г. [www.akorda.kz](http://www.akorda.kz).  
[2] Официальный сайт КазМунайГаз <http://www.kmg.kz>  
[3] Ivanchina E.D., Ivashkina E.N., Nazarova G.Y., et al. Formalization of hydrocarbon conversion scheme of catalytic cracking for mathematical model development // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. – 2015. – vol. 27. – pp. –1-6.

Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., Ивашкина Е.Н.

**Вакуумдық дистиллят тобының құрамын есепке ала отырып, каталитикалық крекинг процесінің қондырғысынан өнімнің өнімділігі мен сапасын болжау**

**Түйіндемe:** Мақалада процестің параметрлерін бензиннің шығымдылығы мен сапасына, каталитикалық крекинг процесінің майлы газына әсері сипатталады. Нәтижесінде математикалық модельдеу әдісін қолдануды ескере отырып, нәтижелер кестелер түрінде көрсетілді.

**Түйінді сөздер:** каталитикалық крекинг, математикалық модельдеу, вакуумдық дистиллят, октандық сан.

Burunbayeva G.R., Dyussova R.M., Seitenova G.Zh., Ivashkina E.N.

**Prognostication of the yield and quality of products from the catalytic cracking unit, taking into account the group composition of the vacuum distillate**

**Summary.** The article describes the influence of process parameters on the yield and quality of gasoline, a raw gas of a catalytic cracking process. The result was the results in the form of graphs with the use of the method of mathematical modeling.

**Key words:** catalytic cracking, mathematical modeling, vacuum distillation, octane number.

УДК 004.67

**Н. П. Сапарходжаев, А.К. Мукашева**

(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы, [nursp81@gmail.com](mailto:nursp81@gmail.com), [mukasheva.a.82@gmail.com](mailto:mukasheva.a.82@gmail.com))

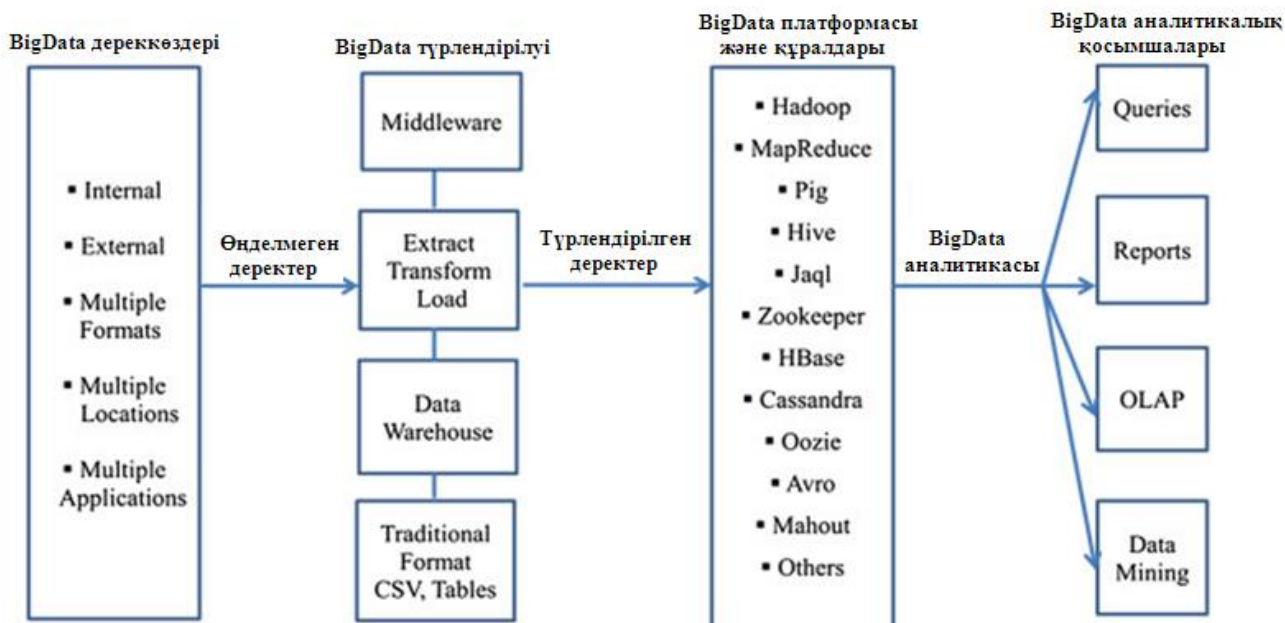
**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АУМАҒЫНДА BIGDATA ТЕХНОЛОГИЯСЫ  
НЕГІЗІНДЕ НАУҚАСТАРҒА ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ**

**Аңдатпа.** Бұл мақала Қазақстан Республикасының медицина кеңістігіне BigData технологияларды енгізу қарастырылады. Үлкен деректер қазіргі заманғы әлемде түрлі салаларында кеңінен пайдаланылады. Қалыптастырылған үлкен массивті деректер құрылымдалған статистикалық ақпаратты бере алады. Оларды медициналық қызметтердің сапасын жақсарту үшін медицина саласында қолдануға болады.

**Түйінді сөздер:** ақпаратты жинау, BigData, денсаулық сақтау жүйесі, науқас, ауқымды деректер, электрондық карта.

**1.Кіріспе**

Қазіргі уақытта, экспоненциал заңы бойынша ақпараттардың көлемі өсуде. Бәсекелестік артықшылықтарды алу үшін, өзгерістерге тез әрекет жасау, өндірістің тиімділігін өндіру үшін үлкен көлемдегі деректерді өңдеу және талдау керек. қазіргі уақытта гигабайт және терабайт деректерді өңдей алатын орташа дербес компьютер туралы емес петабайт және эксабайт көлемдегі деретер туралы. Мәселен, 2000-шы жылдары BigData ұғымы қалыптасты. Әртүрлі форматты және әртүрлі орындарда орналасқан үлкен құрылымдалған және құрылымдалмаған деректер көлемін өңдеуге арналған әдістер және құралдар тізімдері [1].



**1- сурет.** Үлкен аналитикалық деректердің қолданбалы концептуалды архитектурасы [4].

Үлкен деректер, әдетте, үш "V"-мен сипатталады: (volume) көлемі, (variety) түрлілігі, (velocity) жылдамдығы. Кейіннен нақтылық (veracity) және (value) құндылық қосылды [2].

21 ғасыр адам өміріндегі барлық аспектілерді, соның ішінде экономика, биология және медицина үлкен көлем деректерді қамтитын дәуірі [3].

Денсаулық сақтау индустриясы тарихи түрде үлкен көлемді деректерді қалыптастырды, оған нұсқау туралы толық ақпарат қосылады және осы ақпараттар қағаз түрінде сақталады. Ақпаратты-коммуникациялық технологиялар ғасырында барлық алынған ақпаратты қағаз көшірмелерден электрондық тіркеуге көшу өте өзекті деп сенімділікпен айтуға болады.

Әлемдегі медициналық мекемелерде BigData үлкен қызығушылық байқалады. Көлемі өсіп келе жатқан деректер, оларға жатқызуға болады электронды медициналық жазбаларды, визуализацияға, армативтикалық зерттеулерге арналған диагностика құрылғыларды, наукас күтуді жақсарту және медициналық қорытындыны алу үшін, жаңа қызықты мүмкіндіктер ұсынады. Әлеуетті артықшылықтары қамтиды: оңай және тиімді емдеуге болатын уақытта, ауруларды басты кезеңде анықтау; халықтың денсаулығын бақылау және денсаулық сақтау саласындағы алаяқтықты неғұрлым қатаң және тиімді анықтау [4].

«Үлкен деректер» талдауын қолдана отырып медициналық талдау міндеттерін шешуге болады, олар жетілу деңгейіне қарай әртүрлі болуы мүмкін (өсуі бойынша):

1. сипаттаушы талдау («Не болды?» деген сұраққа жауап беретін);
2. диагностикалық талдау («Неден болды?»);
3. предиктивті талдау («Болашақта не болады?»);
4. ұйғарымды талдау («Осылай болмауы үшін не жасалуы қажет?») [5].

Нәтижесінде, үлкен деректер денсаулық сақтау саласындағы медициналық қызметкерлер мен саясаткерлерге жақсы мүмкіндік қамтамасыз етеді. Олардың мақсаты деректермен жұмыс жасап жауапты шешімдерді қабылдау сайып келгенде, науқасты емдеуді жетілдіру [6].

BigData - ға көшу процесі, бір сәттік жағдай емес: модельдерді қадағалау керек, ақпаратты – жинақтау. Тағы да бір қиындық – білікті технологиялардың болмауы [7].

Электронды медициналық карта EHR (Electronic Health Records) - бұл жүйе бірқатар көздерден ақпаратты жинайды. Мұнда науқастардың диагноздарының мәліметтері, қабылдайтын дәрілері, ағымдағы денсаулық мәселелері, өтілген рәсімдері, сынақтар мен клиникалық ескертулердің нәтижелері туралы орналасады. Осындай медициналық картаның түрі науқастарға жаңа зерттеулерді өту қажеттілігі туралы хабарламаларды таратуға қабілетті болады. Сондай-ақ, EHR-де науқастың дәрігерлік ұйғарымдарын орындалуын бақылау қарастырылған. Бұл денсаулық сақтауда болжамды тал-

даудың айқын мысалы. Электрондық медициналық картадағы деректерді пайдалану арқылы, дәрігерлер түрлі аурулар арасындағы байланысты орнатуға мүмкіндіктері болады [8].

## **2. Қазақстан Республикасындағы денсаулық сақтау жүйесіндегі жағдай**

Қазақстан Республикасының денсаулық сақтау жүйесіндегі ақпараттық кеңістік елеулі түрлендірулерге ұшырауда. Түбегейлі өзгерістерге жатады: міндетті элеуметтік медициналық сақтандыру қорын құру, сондай-ақ барлық денсаулық сақтау басқару жүйесіндегі құрылымдарында өзгерістер [9].

Бүгінгі таңда, Қазақстанда BigData саласындағы мамандардың жетіспеушілігі айқын көрініп тұр. Үлкен массивті деректерді өңдейтін көптеген Қазақстандық компаниялары үшін бұл мәселе өте өзекті болып табылады. Келесі мәселе, статистикалық деректердің негізгі бөлігі іс жүзінде талданбайды және тұрақсыз есеп беру үшін ғана. Қазіргі таңда біріктірілген электрондық денсаулық сақтау жүйесін дамыту қажеттілігі бар. Тұтынушыларға арналған медициналық қызмет көрсетуді қарапайым және ыңғайлы жасау үшін, қаржылық ашықтықты, экономикалық тиімділікті қамтамасыз ету қажет [9].

Медициналық деректер бастапқы түрі пайдасыз. Пайдалы болады, егер оларды қалай талдау керек екендігін, түсіндіріп және шешімдер қабылдау мақсатында қолдануды білсек. Осыны бағдарламалық алгоритмдер жасауға мүмкіндік береді, олар медициналық практиканы және денсаулық сақтауды өзгерту үшін үлкен массивті деректерді кеңінен пайдалануға арналған [9].

Алайда, Қазақстанда BigData дамуында маңызды рөлді мемлекет атқарады өйткені Қазақстан Республикасының жеке және заңды тұлғалардың электрондық ақпараттары бар. Үлкен деректермен жұмыс жасайтын мемлекеттік және жеке меншік медициналық мекемелерде жаһандық бағдарламалар байқалмайды. Деректерді жинау, сондай-ақ оны одан әрі өңдеу мәселесі бар. Кейбір медициналық мекемелер өз деректер базасын құруға бір талай күш салып жатыр, онда науқастың толық мекенжайы туралы ақпарат сақталады, бірақ науқастардың медициналық тарихы болмауы басты мәселеге әкеліп тұр. Бұл жағдай ауруларды ерте ескертуге және одан әрі емдеуге кері әсерін тигізеді.

2015 жылдың 1 сәуірінен бастап алғашқы медицина-санитарлық көмек көрсететін мемлекеттік медициналық-санитарлық ұйымдарда 4 құжат бойынша қағаз жүзінде есеп жүргізілуі жойылды.

«Денсаулық сақтау ұйымдарының бастапқы медициналық құжаттама нысандарын бекіту туралы» Қазақстан Республикасы Денсаулық сақтау министрінің м.а. 2010 жылғы 23 қарашадағы № 907 бұйрығына мынадай толықтырулар енгізілген:

1) «Дәрігерлерді үйге шақыртуды жазу кітабы» 031/е нысаны мынадай мазмұндағы ескертпемен толықтырылсын:

«Ескертпе. Медицина қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындары бар медициналық ұйымдарда кітап электрондық түрде жүргізіледі.

Кітапты электрондық түрде жүргізу кезінде шақыртуды тіркеу күні шақырту туралы жазбаға автоматтандырылған режимде ақпараттық жүйеде қалыптастырылатын бірегей нөмір беріледі.»;

2) «Емханада (амбулаторияда), диспансерде, консультацияда, үйде науқастарды қарауды есепке алу ведомосы» 039/е нысаны мынадай мазмұндағы ескертпемен толықтырылсын:

«Ескертпе. Медицина қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындары бар медициналық ұйымдарда ведомость электрондық түрде жүргізіледі.

Ведомості электрондық түрде жүргізу кезінде қарау туралы жазбаға автоматтандырылған режимде ақпараттық жүйеде қалыптастырылатын бірегей нөмір беріледі.»;

3) «Медициналық ұйымдарға тіркеу талоны» 057/е нысаны мынадай мазмұндағы ескертпемен толықтырылсын:

«Ескертпе. Медицина қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындары бар медициналық ұйымдарда талон электрондық түрде толтырылады.

Талонды электрондық түрде толтыру кезінде тіркеу туралы жазбаға автоматтандырылған режимде ақпараттық жүйеде қалыптастырылатын бірегей нөмір беріледі.»;

4) «Амбулаториялық науқастарды тіркеу журналы» 278/е нысаны мынадай мазмұндағы ескертпемен толықтырылсын:

«Ескертпе. Медицина қызметкерлерінің автоматтандырылған жұмыс орындары бар медициналық ұйымдарда журнал электрондық түрде жүргізіледі.

Журналды электрондық түрде жүргізу кезінде пациентті тіркеу күні пациентті тіркеу туралы жазбаға автоматтандырылған режимде ақпараттық жүйеде қалыптастырылатын бірегей нөмір беріледі.»[11].

Бұл дегеніміз, медициналық мекемелердің қызметкерлерінде ондаған жылдар бойы азаматтады тіркеуді үйреншікті қағаз тәсілмен жүргізген болатын, демек техникалық жаңалықтарды пайдалануға мүмкіндік пайда болды. Нәтижесінде бұл жаңа еңгізілімдер адам ресурстарын үнемдеуге әкеледі, ол медициналық қызметкердің еңбек жүктемесіне оң әсерін тигізеді.

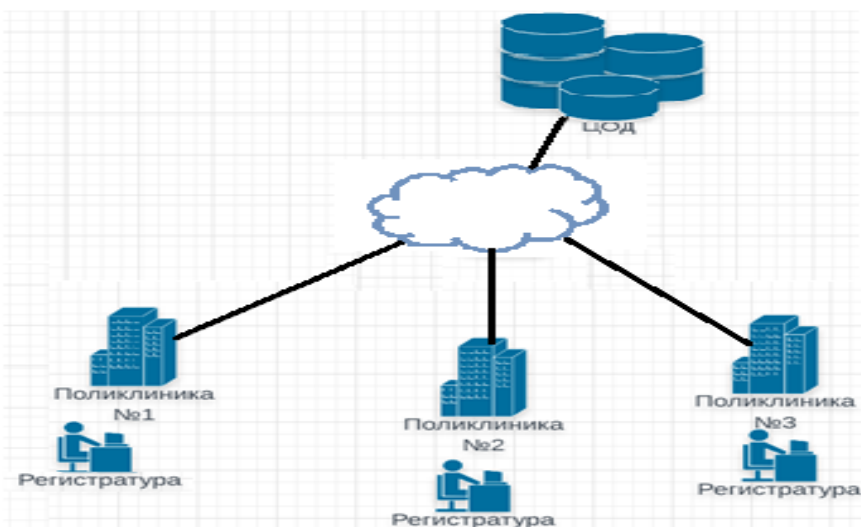
Жоғарыда айтылғандай барлық медициналық мекемелерді жоғарғы өнімділік компьютерлік техникамен қамту керек, бірақ біздің ойымызша осы жүйемен тікелей жұмыс жасайтын емхана қызметкерлерін біліктілікті арттыру курстарына жіберсе артық болмайды деп ойлаймыз.

### 3. Ұсынылатын шешімдер

Мақаланың авторлары ұсынып отырған пікірі, бірлестірілген ақпараттық жүйені жобалау. Бұл жобаның тікелей мақсаты деректер орталығын жобалау, ол жерге Қазақстанның төңірегіндегі медициналық мекемелердің жұмыстары бойынша барлық ақпаратты жинау.

Бірнеше ірі қалалардың ауруханаларында жергілікті серверлер болу керек, олар жергілікті жерлерде науқастардың барлық ақпараттарын жинап отыру керек. Емханалардың жергілікті серверлері барлық статистиканы құрылған деректер орталығына жібереді. Бұл ақпараттардың барлығы жергілікті серверлерде жиналып отырады және ары қарай аналитикалық орталыққа талдау үшін жіберіледі. Содан кейін белгілі бір уақыт аралығында, Бөлінген жоғары жылдамдықты байланыс арналары немесе ғаламтордың құпияланған vpn-туннельдері арқылы санаттарына сәйкес қалалар мен емханалар бойынша деректер бөлінеді. Емхананың жергілікті сервер деректер базасына қандай да бір өзгерістер енгізу кезінде, емханалардың деректер базасы осы өзгерістерді деректер орталығына көшірме жасап жөнге салып отыру керек.

Деректерге жедел қол жеткізуді дата орталықтың жоғары жылдамдықты қосылысы жергілікті серверлермен қамтамасыз етеді. Дата орталықтың ішіндегі деректердің алмасуы қамтамасыз етілуі мүмкін егер серверлер жоғары жылдамдықты жалғанған байланысы бар, бірақ бұзылуға тұрақты бір кластерге біріктірілген болса. Дата орталықта бұзылуға тұрақты сегменттері бар, олар дата орталығына түсетін деректердің резервті көшірмелерін құруға мүмкіндік беретін.



2-сурет. Ұсынылған жүйенің құрылымы.

Бұл технология, орталық сервер немесе қойма кез келген жерде орналасқанына қарамастан үлкен көлемді ақпараттарға қол жеткізуге көмектеседі. Технология жаңа емес және сандық хабарларын тарату саласында минималды тоқтаумен үлкен көлемді траффикті тасымалдау кезінде кең қолданылады.

### 4. Қорытынды

Сондай-ақ BigData-ның тағы бір айрықша және маңызды сипаттамаларының бірі болып өңделетін деректердің жүйеге үздіксіз түсуі болып табылады. Әрине, адам мұндай деректер ағынын өз күшімен қамтамасыз ете алмайды. Осыған байланысты, жүйеге деректерді енгізу процестерін автоматтандыру қажеттілігі пайда болады. Осындай жағдайда емхана ақпараттық жүйелері, интеллек-



туалдық медициналық құрал-жабдықтары мен биометриялық деректерді оқитын түрлі жүйелер көмектесе алады.

Электронды құжат айналымына көшу медициналық қызметкерлердің есепке алу-есеп беру құжаттамасын жүргізу жөніндегі жүктемені айтарлықтай азайтуға мүмкіндік береді және науқастарды қабылдауға көп уақыт бөлінеді. Бұл мақалада, BigData негізінде медициналық жүйесін құру бойынша бастапқы идеясының көрінісін сипаттайды, ол науқастардың медициналық қызмет көрсету ұсыныстарын тезірек алуға, ал дәрігерлерге кез-келген жерден науқастардың ақпаратына қол жеткізуге мүмкіндік береді.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Царькова Н.И., Смолянов А.С., Bigdata. развитие, анализ и технологии, журнал: Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук, ISSN:2073-0071, номер:7-1, страницы: 86-95, год: 2016.

[2] Сухобоков А. А., Лахвич Д. С., Влияние инструментария BigData на развитие научных дисциплин, связанных с моделированием // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана, стр. 207–240, Электрон.журн., № 03, 2015.

[3] Zhongheng Z., Big data and clinical research: focusing on the area of critical care medicine in mainland China, Quant Imaging Med Surg, 4(5):426-429, 2014.

[4] Raghupathi and Raghupathi: Big data analytics in healthcare: promise and potential, Health Information Science and Systems, Vol. 2:3, 2014.

[5] Калайда И., BigData. Большие данные в медицине. Режим доступа: <http://medspecial.ru/news/1/28048/>.

[6] Sessler DI., Big Data—and its contributions to peri-operative medicine, Anaesthesia, Feb; 69(2):100-5, 2014.

[7] Царская Т., BigData в медицине: текущая ситуация и перспективы: Режим доступа: [https://medaboutme.ru/zdorove/publikacii/stati/sovety\\_vracha/big\\_data\\_v\\_meditsine\\_tekushchaya\\_situatsiya\\_i\\_perspektivy/](https://medaboutme.ru/zdorove/publikacii/stati/sovety_vracha/big_data_v_meditsine_tekushchaya_situatsiya_i_perspektivy/).

[8] BigData в здравоохранении: как и для чего медицина использует Большие данные? Режим доступа: <http://ru.datasides.com/big-data-medicine/>.

[9] Сбор, анализ и предоставление достоверной информации, основанной на данных мониторинга, оценки и анализа состояния здоровья населения. Академия профилактической медицины. Режим доступа: <http://www.academypm.org/language/ru/sluzhba-obshhestvennogo-zdorovya-respubliki-kazakhstan-the-white-paper/cel-3-sbor-analiz-i-predostavlenie-dostovernoj-informacii-osnovannoj-na-dannyx-monitoringa-ocenki-i-analiza-sostoyaniya-zdorovya-naseleniya/>.

[10] Казахстанская Лаборатория «Больших данных» изучает целевую аудиторию eGov. Режим доступа: [https://egov.kz/cms/ru/news/news\\_laboratory\\_of\\_big\\_data](https://egov.kz/cms/ru/news/news_laboratory_of_big_data).

[11] Қазақстан Республикасы нормативтік құқықтық актілерінің ақпараттық-құқықтық жүйесі. Режим доступа: <http://adilet.zan.kz/kaz/docs/V1500010570>.

Сапарходжаев Н. П., Мукашева А.К.

**Разработка системы обслуживания больных на основе технологии BigData на территории Республики Казахстан**

**Резюме:** Статья посвящена внедрению технологий BigData в медицинское пространство Республики Казахстан. Большие данные получили широкое распространение в разных областях современного мира. Сформированные массивы данных могут дать структурированную статистическую информацию. Эту структурированную статистическую информацию впоследствии можно применить в медицинской сфере для улучшения качества обслуживания медицинских услуг.

**Ключевые слова:** сбор данных, BigData, система здравоохранения, пациенты, электронная карта.

Saparkhojayev N. P., Mukasheva A.K.

**Development of patients' system based on BigData technology in the Republic of Kazakhstan**

**Summary:** This research paper introduces the technology BigData and its possible deployment in medical field of the Republic of Kazakhstan. BigData currently is widely used in various areas of the modern world. Acquired large amounts of data can provide a structured statistical information. This structured statistical information can then be applied in the medical field to improve the service quality of medical services.

**Keywords:** Data collection, BigData, healthcare system, patients, electronic card.

УДК 695.14

**Ж.С. Сейітбеков, Т.К. Сарсенбеков, В.А. Козлов, Д.Қ. Көккөзов**  
(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаев,  
Алматы, Республика Казахстан)

### **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНОГО ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ХЛОРИРОВАНИЕМ В РАСПЛАВЕ СОЛЕЙ**

**Аннотация.** Титановые шлаки, используемые для производства губчатого титана на отечественных предприятиях, наряду с основным металлом содержат 10-15 % примесей редких элементов, таких как ванадий, скандий, ниобий, тантал, цирконий и др. В настоящее время на заводах, в частности, УКТМК, налажено попутное производство триоксида скандия и химически чистого пентаоксида ванадия.

Однако, в титановом производстве имеются еще значительные резервы повышения комплексности использования исходного сырья, заключающиеся не только в извлечении остальных металлов – спутников, но и в соединений этих металлов. В связи с этим технология попутного извлечения соединений ниобия из промпродуктов титанового производства – вторичных и циркуляционных пульп – методом хлорирования представляет большой практический интерес и является актуальной.

**Ключевые слова.** Тетрахлорид титана, пентаоксид ниобия, титаносодержащее сырье, солевой хлоратор, парогазовая смесь.

Для производства тетрахлорида титана из титаносодержащих шлаков наиболее экономичными и экологичными являются установки хлорирования с возвратом пульпы в хлоратор. В последнее время из-за недостатка титанового шлака возникла необходимость вовлечь в переработку большие объемы импортных рутиловых концентратов. При применении экологически более чистого титанового сырья (массовая доля  $TiO_2$  в рутиле 90-96 %) ожидалось улучшение технико-экономических показателей передела хлорирования. Однако вовлечение в производство рутила привело к технологическим осложнениям.

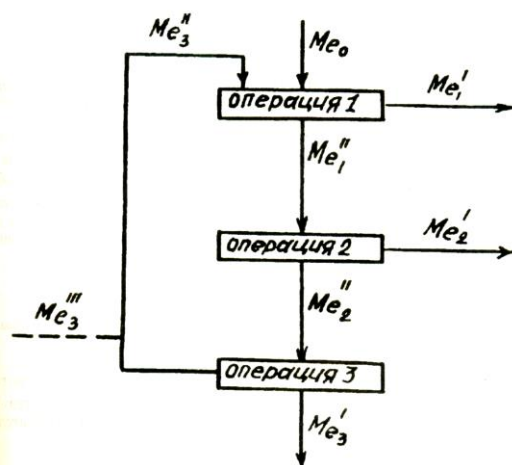
В рутиловом концентрате массовая доля пентаоксида ниобия (0,3-1,0 %) на порядок выше, чем в шлаке (0,04 %). Пентаоксид ниобия в расплаве щелочных металлов хлорируется до оксихлорида ниобия, который плохо усваивается расплавами хлоратора и солевого скруббера и накапливается в оборотных пульпах оросительного скруббера. Содержание ниобия в твердых взвесах пульпы превышает в сотни раз его содержание в исходном сырье. Значительная доля в оборотной пульпе окситрихлорида ниобия приводит к ухудшению эксплуатационных свойств пульпы (гелеобразованию), прекращению работы насосов и их аварийной остановке.

Составлена математическая модель поведения и распределения оксихлорида ниобия по аппаратам хлорирующей установки.

Экспериментально установлено, что расплав хлоратора усваивает определенное количество ниобия, величина которого составляет 0,13-0,26 кг  $NbOCl_3$  на 1 т технического тетрахлорида титана и зависит от химического состава расплава. Незначительное усвоение ниобия в хлораторе объясняется низкой термической устойчивостью комплексов окситрихлорида ниобия с хлоридами щелочных металлов, а также вытеснением его из комплексов хлоридами магния, железа, алюминия.

Невысокая степень улавливания ниобия в солевом скруббере обусловлена низким парциальным давлением оксихлорида ниобия при температуре парогазовой смеси на выходе из аппарата. Коэффициент улавливания ниобия в оросительном скруббере составляет 98,5 %, поэтому основная масса ниобия конденсируется вместе с оборотной пульпой. Циркуляция пульпы по контуру (оросительный скруббер - хлоратор - оросительный скруббер) способствует накоплению оксихлорида ниобия в твердых взвесах пульпы.

Для количественной оценки вариантов переработки титаносодержащего сырья с высоким содержанием ниобия предложена расчетная схема, приведенная на рисунке 1.



**Рис. 1.** Расчетная схема баланса ниобия по аппаратам хлорирующей установки  
 Операция 1 - расплавный хлоратор; операция 2 - солевой скруббер;  
 операция 3 - оросительный скруббер

$Me'_1, Me'_2$  - количество оксихлорида ниобия, выходящего с техническими потоками в отвал или на переработку по другой технологии;

$Me'_3$  - количество оксихлорида ниобия в техническом тетрахлориде титана;

$Me'''_3$  - количество оксихлорида ниобия, выведенного из процесса с частью оборотной пульпы;

$Me''_3$  - количество оксихлорида ниобия, возвращенного в хлоратор с оборотной пульпой;

$Me''_1, Me''_2$  - количество ниобия в парогазовой смеси.

Полный материальный баланс ниобия может быть представлен следующей системой уравнений:

$$\begin{cases} Me_0 + Me'''_3 = Me_1 & (1) \\ Me''_1 = Me_2 & (2) \\ Me''_2 = Me_3 & (3) \\ Me_1 = Me'_1 + Me''_1 & (4) \\ Me_2 = Me'_2 + Me''_2 & (5) \\ Me_3 = Me'_3 + Me''_3 + Me'''_3 & (6) \end{cases}$$

Количество ниобия, поступающего с исходным сырьем ( $Me_0$ ) в пересчете на  $NbOCl_3$ , определяем по расходному коэффициенту сырья и массовой доле в нем пентаоксида ниобия.

Из материального баланса известно, что с расплавом хлоратора выводится из процесса ( $Me'_1$ ) 0,13-0,26 кг оксихлорида ниобия на 1 т технического тетрахлорида титана. Распределение ниобия между расплавом ( $Me'_2$ ) и парогазовой смесью ( $Me''_2$ ) солевого скруббера зависит от температуры и определяется давлением насыщенного пара  $NbOCl_3$  с учетом материальных потоков по аппарату:

$$Me''_2 = 1112,17P \quad (1)$$

где  $P$  - Па, давление насыщенного пара;

1112,17 - кг/Па, пересчетный коэффициент учета величины материального потока на 1 т технического тетрахлорида титана.

При полном возврате оборотной пульпы в хлоратор ( $Me'''_3 = 0$ ) количество оксихлорида ниобия от поступления на операцию уменьшается только на степень улавливания оросительного скруббера и составляет:

$$Me''_3 = 1095,773P \quad (2)$$

При отборе и выводе части пульпы из процесса для извлечения ниобия, на возврат оксихлорида ниобия в хлоратор уменьшается на величину отбора. Например, при выводе 100 кг пульпы на 1 т тех-

## • Технические науки

нического тетрахлорида титана из процесса ( $Me'''_3 = 40,263P$ ) возврат оксихлорида ниобия в хлоратор уменьшается и составляет:

$$Me'''_3 - 1095,773P - 40,263P = 1055,51P \quad (3)$$

Математический анализ изменения содержания оксихлорида ниобия в оборотной пульпе проводился по изменениям следующих параметров: массовой доли ниобия в исходном сырье, температуры парогазовой смеси после солевого оросительного скруббера (СОС) и при выводе части пульпы из процесса для производства ниобиевых соединений.

Таблица 1. Расчетная массовая доля оксихлорида ниобия в расплаве солевого скруббера и оборотной пульпе от изменения технологических параметров работы хлорирующей установки

Номер варианта	Массовая доля $NbOCl_3$ в сырье, %	Температура ПГС на выходе, К	Количество пульпы выведенное	Массовая доля $NbOCl_3$ в расплаве СОС, %	Концентрация твердых взвесей в пульпе, г/л	Массовая доля $NbOCl_3$ в твердых взвесах пульпы, %
1	2	3	4	5	6	7
1	00.4	573	-	0.34	78	5.0
2	00.4	583	-	0.21	81	6.9
3	00.4	593	-	-	83	7.0
4	0.15	573	-	3.30	78	5.0
5	0.15	623	-	1.90	114	19.2
6	0.15	643	-	0.40	150	26.9
7	0.15	653	-	-	161	27.1
8	0.20	573	-	4.7	78	5.0
9	0.20	623	-	3.2	114	19.2
10	0.20	653	-	0.7	180	30.5
11	0.20	658	-	-	196	32.2
12	0.30	573	-	6.9	78	5.0
13	0.30	623	-	5.5	114	19.2
14	0.30	668	-	0.7	238	35.3
15	0.30	678	-	-	250	36.0
16	0.50	573	-	12.3	78	5.0
17	0.50	623	-	10.9	114	19.2
18	0.50	688	-	1.4	357	40.2
19	0.50	693	-	-	397	41.2
20	0.30	573	100	6.2	77	4.8
21	0.30	623	100	1.3	112	18.8
22	0.30	628	100	0.3	120	20.7
23	0.30	630	100	-	122	21.5
24	0.50	573	120	11.4	77	4.8
25	0.50	623	120	5.9	112	18.7
26	0.50	638	120	1.8	137	24.4
27	0.50	643	120	-	148	26.3

На промышленной хлорирующей установке экспериментально установлено ухудшение эксплуатационных свойств пульпы при массовой доле в ней оксихлорида ниобия 27-30 % и концентрации твердых взвесей 140-170 г/л. В таблице 1 приведены результаты расчетов на 1 т технического тетрахлорида титана.

Как видно из таблицы, при переработке титансодержащего сырья с высокой долей ниобия необходима стабилизация температуры парогазовой смеси на выходе из солевого скруббера на уровне 573-623 К. Однако на промышленных установках при существующей организации возврата пульпы в хлоратор поддерживать температуру в заданных пределах не представляется возможным. Для стабилизации температурного режима необходимо создание самостоятельного контура возврата пульпы на охлаждение парогазовой смеси с системой автоматического управления.

Вывод части пульпы в количестве 100-130 кг на 1 т технического тетрахлорида титана стабилизирует эксплуатационные свойства пульпы. Данное направление наиболее перспективное, т. к. позволяет наладить попутное производство ниобиевых соединений.

Наиболее простым решением является снижение массовой доли пентаоксида ниобия в исходном сырье до 0,15 %. Достигается это путем разбавления рутила титановым шлаком с массовой долей пентаоксида ниобия на порядок ниже, чем в рутиле и равной 0,03-0,04 %.

Все три способа экспериментально опробованы на промышленной установке и подтвердили правильность внедренных направлений и точность расчетов.

В исследованиях под руководством Коршунова В.Г. обращено внимание на коагулирующее действие хлорного железа при переработке рутилового концентрата. С целью проверки данных результатов на промышленной установке проведен ряд исследований с подшихтовкой к исходному сырью ильменита. Соотношение в шихте между рутилом и ильменитом выбрано как 2:1. При данном соотношении в смеси массовая доля оксида титана соответствует шлаку и равна 80-85 %, доля оксида железа выше на 2 %, чем в шлаке и равна соответственно 6,0 %. Исследования проводили при переработке как чистой рутил-ильменитовой смеси при соответствии 2:1, так и шлак-рутил-ильменитовой смеси с соотношением 6:2:1. Добавка ильменита существенно улучшает эксплуатационные свойства пульпы, структура твердых частиц оборотной пульпы приближается к шлаковой.

В ходе испытаний наблюдаются некоторые особенности процесса. Массовая доля суммы хлоридов железа в расплаве хлоратора в отдельные периоды возврата - до 30 %, в то время как на чистом шлаке составляет 16 %. Содержание хлорного железа достигало 6,2-8,8 %. В эти моменты наблюдалось вспенивание расплава хлоратора. С целью снижения содержания хлорного железа до 3,0-4,0 % и уменьшения вероятности вспенивания решили повысить температуру расплава хлоратора до  $(1053 \pm 10)$  К, нижнего предела рабочей концентрации оксида титана в рабочем расплаве — до 3,0 %. Предложенный режим стабилизировал работу хлоратора. По работе оборудования следует отметить подтекание нижних и верхних леток хлоратора, что можно объяснить как повышенной жидкотекучестью и агрессивностью расплава (из-за высокого содержания хлоридов железа), так и длительным сроком службы хлоратора, выделенного для испытаний. При переработке шлак-рутил-ильменитовой смеси проведены балансовые испытания. Коэффициент расхода сырья и выхода продуктов приведены в таблице 2.

**Таблица 2. Коэффициенты расхода сырья и выхода продуктов на 1 т технического тетрахлорида титана при переработке шлак-рутил-ильменитовой смеси в соотношении 6:2:1**

Наименование продуктов	Единица измерения	Показатели по данному продукту
Шлак-рутил-ильменитовая смесь	т/т	0.5469
Пековый кокс	т/т	0.0940
Отработанный электролит	т/т	0.1390
Хлор без учета потерь по фурмам (в пересчете на 100 %)	т/т	0.8190
Выход расплава хлоратора	т/т	0.2610
Выход возгонов	т/т	0.0360

Как видно из таблицы, нормы расхода сырья и выход продуктов соответствуют хлорированию шлака. Испытания показали возможность переработки рутила в смеси с ильменитом. Для этого необходимо подобрать соотношение шлака, рутила и ильменита, а также технические параметры процесса, которые позволили бы исключить отрицательное влияние избыточного железа.

Таким образом, в результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

- возможна переработка титансодержащего сырья на отечественных промышленных установках с массовой долей пентаоксида ниобия не более 0,15 %;
- вывод части оборотной пульпы из процесса (например, для попутного извлечения ниобия) в количестве 100-130 кг на 1 т технического тетрахлорида титана позволит перерабатывать рутил на солевых хлорирующих установках с массовой долей пентаоксида ниобия до 0,5 %;

- поддержание температуры парогазовой смеси на выходе из солевого скруббера в пределах 573-623 К позволяет стабилизировать технологический режим установки при переработке рутилового концентрата;

- возможна совместная переработка рутила с ильменитом. Соотношение шлака, рутила и ильменита, а также технологические параметры процесса необходимо уточнить при дальнейших испытаниях.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гудима Н.В. Краткий справочник металлургии по цветным металлам. – М.: Металлургия, 1964. – 534 с.
- [2] Сергеев В.В. Безукладников А.Б. Металлургия титана. – М.: Металлургия, 1979. – 263 с.
- [3] Худайбергенов Т.Е. Титаномагнелиевое производство. – Алматы.: ГИ им. Кунаева, 1996. - 177 с.
- [4] Байбеков М.К., Попов В.Д., Чепрасов И.М. Производство четыреххлористого титана. – М.: Металлургия, 1987. – 155 с.
- [5] Шаяхметов Б.М., Худайбергенов Т.Е., Чайковский С.Н. Основные вехи развития научно-технического на Усть-Каменогорском титано-магнелиевом комбинате (1965-1995 гг.). – Алматы, 1998. – 62 с.
- [6] Гармата В.А., Гуляницкий Б.С. Металлургия титана. – М.: Металлургия, 1983. – 364 с.
- [7] Металлургия титана / Сергеев В.В., Галицкий Н.В., Киселев В.П., Козлов. – М.: Металлургия, 1971. – 328 с.

Сейітбеков Ж.С., Сарсенбеков Т.К., Козлов В.А., Көккөзов Д.К.

#### **Титан шикізатын әр түрлі технологиялық әдіспен балқытылған тұзда хлорлау**

**Түйіндеме.** Отандық кәсіпорындарда титан губкасы өндірісі үшін пайдаланылатын титан қождары негізгі металмен қатар сирек элементтердің қоспалары - ванадий, скандий, ниобий, тантал, цирконий және т.б. сияқты қоспалардың 10-15% құрайды. Қазіргі уақытта зауыттар, атап айтқанда УКТМК, скандий тотығын және химиялық таза ванадий пентоксидінің бірлескен өндірісін құрды.

Алайда, титан өндірісінде әлі де басқа металдар-спутниктерді шығарумен қатар, осы металдардың қосылыстарынан тұратын шикізатты пайдалану күрделілігін арттырудың айтарлықтай қоры бар. Осыған байланысты хлорлау әдісімен титан өндірісінің өнеркәсіптік өнімдерінен - қайталама және циркуляциялық пульпадан ниобий қосылыстарын ілеспе өндіру технологиясы үлкен практикалық қызығушылық тудырады және маңызды болып табылады.

**Түйін сөздер:** Титанның тетрахлориді, ниобий пентоксиді, титан бар шикізат, тұз хлораторы, бу-газ қоспасы.

Seitbekov J.S., Sarsenbekov T.K., Kozlov V.A., Kokkozov D.K.

#### **Development of various processing technology titane-containing raw material by chlorination in salt melt**

**Summary.** Titanium slags used for the production of spongy titanium in domestic enterprises, along with the main metal, contain 10-15 % of the impurities of rare elements such as vanadium, scandium, niobium, tantalum, zirconium, etc. Currently, the plants, in particular, the associated production of scandium trioxide and chemically pure vanadium pentoxide has been established.

However, in titanium production there are still considerable reserves of increasing the complexity of the use of feedstocks, which consists not only in the extraction of other metals-satellites, but also in the compounds of these metals. In this regard, the technology of associated extraction of niobium compounds from industrial products of titanium production - secondary and circulating pulps - by the chlorination method is of great practical interest and is relevant.

**Keywords:** Titanium tetrachloride, niobium pentoxide, titanium-containing raw materials, salt chlorinator, vapor-gas mixture.

УДК: 665.644.001.5(574.2)

**Р.М. Дюсова<sup>1</sup>, Г.Р. Бурумбаева<sup>1</sup>, Г.Ж.Сейтенова<sup>2</sup>, Э.Д.Иванчина<sup>1</sup>**

(<sup>1</sup> Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,

<sup>2</sup>Павлодарский государственный университет им.С.Торайгырова, Казахстан,

<sup>4</sup>Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Россия,  
[riza92@bk.ru](mailto:riza92@bk.ru))

### **УГЛУБЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ**

**Аннотация:** Описан процесс повышения октанового числа бензинов – изомеризация, а также приведены результаты использования метода математического моделирования для процесса изомеризации на действующей технологической установке, для повышения качества бензиновых фракции.

**Ключевые слова:** нефтепереработка, математическое моделирование, изомеризация, октановое число.

Приоритетным направлением развития экономики Республики Казахстан является разработка и внедрение технологий, адаптированных к сырьевым условиям государства, позволяющим перерабатывать тяжелые, вязкие и высокосернистые нефти с получением моторного топлива, минеральных масел, углеводородных газов.

Общеизвестно, что нефть, добываемая в Казахстане, по своему составу тяжелая. Особенностью отечественной нефти является наличие в ее составе гетероорганических и смолисто-асфальтовых компонентов, низкое содержание светлых (топливных) фракций (не более 25-30 % по отношению в общему объему), что делает его переработку малоэффективной и затруднительной по традиционным схемам. Существующие установки рассчитаны на переработку более легкого нефтяного сырья.

Для крупномасштабного вовлечения в переработку отечественного углеводородного сырья требуется, с одной стороны, проведение исследований свойств и состава тяжелых нефтей и, с другой, разработка процессов глубокой переработки нефтяного сырья и оптимизация технологических режимов работы действующего оборудования.

Адаптировать существующие технологии к переработке утяжеленного сырья позволит метод математического моделирования, учитывающий кинетику и термодинамику химических превращений углеводородов тяжелых фракций нефти.

Математическая модель – математическая формула или уравнение (система уравнений), которые используются для изучения зависимости физико-химических свойств веществ от различных параметров с известными значениями всех констант и коэффициентов.

Существует три типа математических моделей:

- индивидуальные – для описания одного свойства одного химического вещества;
- универсальные – для описания одного свойства структурно-подобных химических веществ;
- уникальные – для описания свойств всех химических веществ.

Переход РК на производство высококачественных моторных топлив стандартов Евро-3, Евро-4 открыл путь для развития процесса изомеризации, в силу низкой себестоимости и доступности сырья.

Данный процесс один из способов получения экологически чистых бензинов. Прямогонные бензиновые фракции, получаемые при первичной переработке нефти и газового конденсата, обычно содержат значительное количество линейных парафинов с низким октановым числом и поэтому не пригодны для использования в качестве автомобильного бензина без дополнительного обогащения.



Таблица 1. Требования стандартов серии Евро к автомобильным бензинам

Показатели	Требования		
	Евро-2	Евро-3	Евро-4
Максимальное содержание:			
Бензола, % об.	5	1	1
Серы, мг/кг	500	150	50
Ароматики, % об.	–	42	35
Олефинов, % об.	–	18	18
Кислорода, % масс.	–	2,3	2,7
Фракционный состав, %, не менее:			
до 100°C	–	46	46
до 150 °C	–	75	75

С помощью компьютерной моделирующей системы IZOMER, представляющая собой программно реализованную математическую модель реакторного блока процесса изомеризации на катализаторе СИ-2, на установке Л-35-11/1000 (ООО «Киришинефтеоргсинтез», Россия) произведен расчет углеводородного состава и октанового числа изомеризата.

Исходными данными для расчетов являются:

- состав и расходы сырья и водородсодержащего газа;
- температуры по реакторам;
- давление в реакторах.

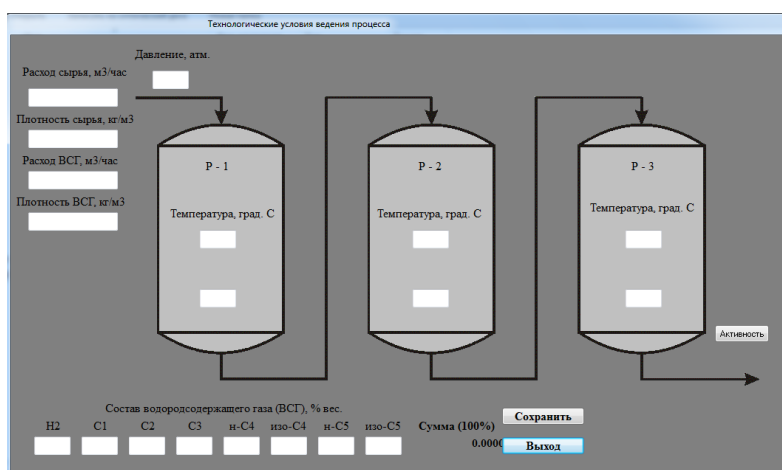


Рис.1. Диалоговое окно моделирующей системы IZOMER

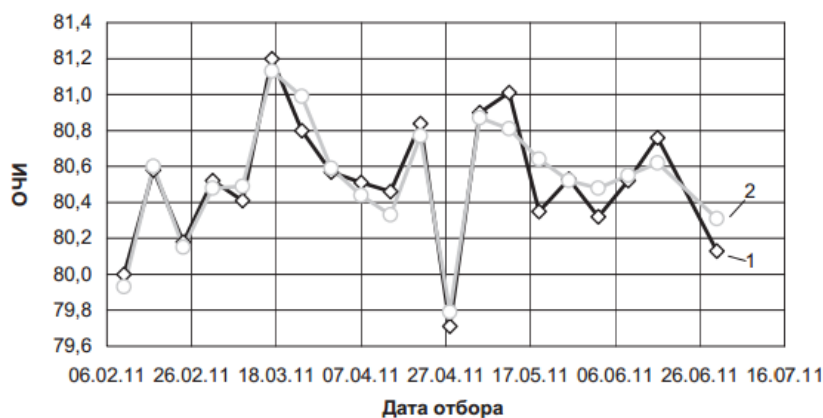
Для обоснования достоверности исследований выполнена проверка на адекватность математической модели реальному процессу по экспериментальным данным с установки. Результаты расчета, приведенные на рисунке 2, показывают незначительное отклонение, сопоставимое с погрешностью хроматографического метода анализа, рассчитанных значений октанового числа от экспериментальных. Это подтверждает возможность проведенных исследований по совершенствованию процесса изомеризации с использованием компьютерной моделирующей системы IZOMER.

Одним из основных показателей является октановое число. На показатель октанового числа влияют технологический режим, состав сырья и катализатор.

Состав сырья поступающего на установку может существенно изменяться. На рис. 2 показано влияние состава сырья на октановое число изомеризата, определенное по исследовательскому методу. Расчеты проводили при заданном технологическом режиме:

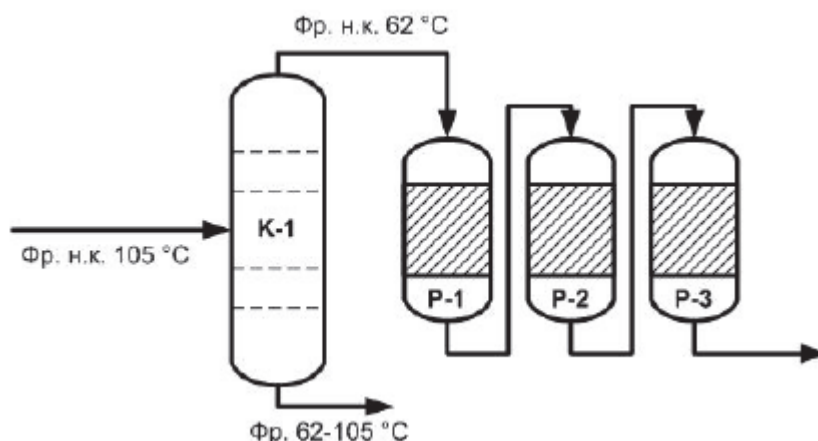
- расход сырья – 90 м<sup>3</sup>/ч.
- температура на входе в первый реактор – 138 °С.
- давление – 3,1 МПа.

Как видно из графика октановое число изомеризата в зависимости от состава сырья изменяется в пределах 1-2 пунктов. Движущей силой процесса изомеризации является разность концентраций алканов нормального и изостроения имеющих разную температуру кипения. Так значения энергии Гиббса при температуре 20 °С в реакции изомеризации n-пентана составляет –3,72 кДж/моль. Термодинамические расчеты показали, что процесс изомеризации является равновесным. Условия равновесия протекания реакции изомеризации, которое зависит от времени контакта и температуры, определяет выход целевого продукта – изоалканов.



**Рис. 2.** График сравнения рассчитанных данных с использованием модели и экспериментальных значений октанового числа изомеризата, определенного по исследовательскому методу (ОЧИ): 1 – расчет на модели; 2 – эксперимент

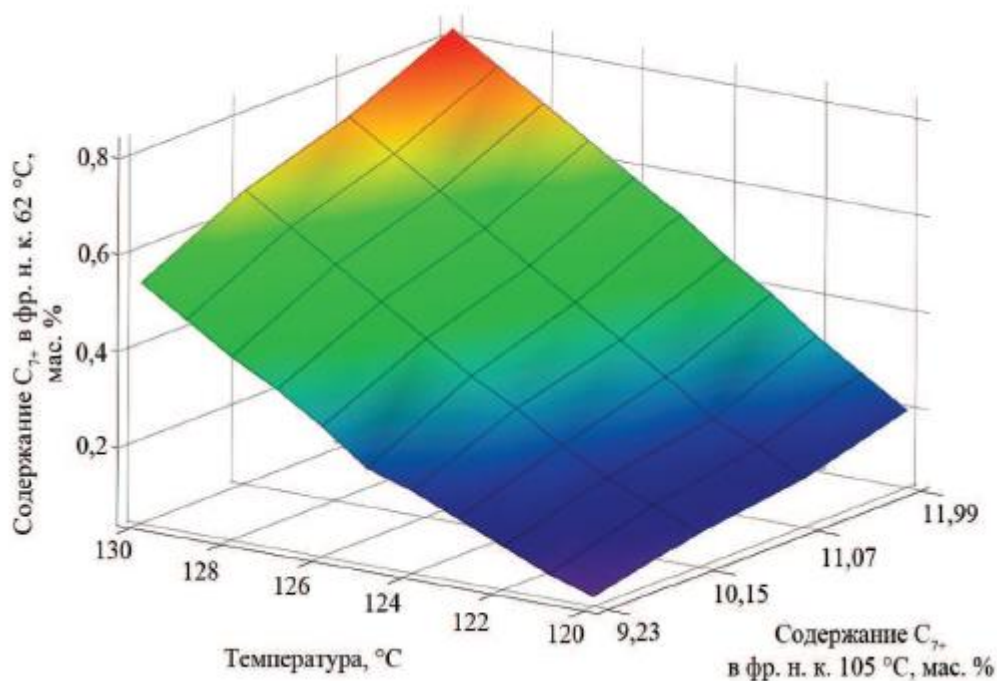
Колебания состава сырья на установке Л-35–11/300 обусловлены, в первую очередь, различными источниками сырья. Сырье процесса поступает с установок: АТ-6, АВТ-6, АВТ-2, АТ-1 и ГФУ. Состав сырья процесса изомеризации (фр.н. к. 62 °С), полученного при вторичной перегонке бензинов, зависит от состава бензиновой фракции н. к. 105 °С и режима работы колонны. Технологическая схема представлена на рис. 3.



**Рис. 3.** Технологическая схема реактора блока процесса изомеризации

В колонне К-1 фракция н. к. 105 °С разделяется на фракции н. к. 62 °С (верхний продукт) и 62...105 °С (нижний продукт). В дальнейшем фракция н. к. 62 °С отправляется на гидроочистку, затем при температуре около 130 °С в смеси с водородсодержащим газом поступает в первый реактор изомеризации.

Комбинированная математическая модель процесса ректификации бензиновой фракции н. к. 105 °С и изомеризации фракции н.к. 62 °С представлена интегрированным с HYSYS модулем.



**Рис. 4.** Содержание  $C_{7+}$  в сырье изомеризации в зависимости от тепловой режим ребойлера колонны К-1

Моделирование процесса ректификации проводится в программном пакете HYSYS. Связь между двумя системами осуществляется при помощи текстового файла, содержащего данные о составе и свойствах сырья изомеризации (фр. н. к. 62 °С). Файл данных формируется автоматически средствами HYSYS. Затем этот файл считывается компьютерной системой IZOMER, которая производит расчет реакторного блока изомеризации. В выходном файле IZOMER содержится состав и октановое число продукта.

Одним из важных показателей качества сырья процесса изомеризации является содержание углеводородов  $C_{7+}$ . Повышенное содержание этих углеводородов приводит к протеканию экзотермических реакций гидрокрекинга и дезактивации катализатора. Выполненные расчеты на модели показали, что тепловой режим ребойлера колонны К-1 в значительной степени влияет на концентрацию углеводородов  $C_{7+}$  в сырье изомеризации (фр.н. к. 62 °С). На рис. 4 представлена зависимость концентрации углеводородов  $C_{7+}$  в сырье изомеризации от температуры низа К-1 при различных составах фракции н. к. 105 °С.

Повышение температуры низа колонны К-1 приводит к нежелательному увеличению содержания тяжелых углеводородов в сырье изомеризации.

Таким образом, оптимизация процесса приготовления автомобильных бензинов на основе учета углеводородного состава высокопарафинистых нефтей является актуальной задачей, наиболее эффективно решаемой методом математического моделирования.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Чузлов В.А., Чеканцев Н.В., Иванчина Э.Д. Оптимизация состава перерабатываемого сырья на установках каталитического риформинга бензинов и изомеризации пентан-гексановой фракции с использованием комплексной математической модели «HYSYS IZOMER ACTIV» // Международный научно-исследовательский журнал. – Екатеринбург, 2013. – №7. – С.54 – 60.

[2] Viacheslav A. Chuzlov, Nikita V. Chekantsev, Emilia D. Ivanchina Development of Complex Mathematical Model of Light Naphtha Isomerization and Rectification Processes // Procedia Chemistry. – 2014 – pp. 236-243.

Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.

**Өндірістің тауарлық бензин мұнай өңдеу зауытында қарқындалу**

**Түйіндеме.** Мақаласында сипатталады процесс бензиндердің октандық санын арттыру – изомерлеу. Сондай-ақ нәтижелері келтірілген әдісті пайдалану математикалық модельдеу процесі үшін изомеризациялау қолданыстағы технологиялық орнату, сапасын арттыру үшін бензинді фракциялары.

**Түйін сөздер:** мұнай өңдеу, математикалық модельдеу, изомерлеу, октандық саны.

Dyussova R.M., Burunbayeva G.R., Seitenova G.Zh., Ivanchina E.D.

**The intensification of the production of commercial gasoline at the refinery**

**Summary.** The article describes the process of increasing octane – isomerization. As well as the results of using the method of mathematical modeling for the process of isomerization at the existing process plant to improve the quality of gasoline fractions.

**Keywords:** oil processing, mathematical modeling, isomerization, octane.

УДК 669.162.252.468.4

**А.А. Досмаканбетова, Б.О. Оспанов, Сейткасимова Л.А, Пазилова Г.Д., Ибрагимова З.А.**  
(М.Әуезов атындағы ОҚМУ,  
Шымкент, Қазақстан Республикасы)

**ҚАУЫННАН АЛЫНАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ САПАСЫНА  
ОНЫҢ СҰРЫПТЫҚ ЖӘНЕ МАУСЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ӘСЕРІ**

**Аңдатпа.** Жұмыстың мақсаты - бақша өнімдерін жинап алғаннан кейінгі, іске аспай қалған бақша дақылдарын өңдеу арқылы қажет өнімдер алу. Сонымен бірге Қазақстанның Оңтүстік облысындағы қауынның кеш пісетін сұрыптарының химиялық құрамын анықтау бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері өндірістерде олардан түрлі өнімдер алуда қажет. Қауынның химиялық құрамы оның тағамдық және биологиялық құндылықтарын негіздейді. Қауыннан алынатын өнімдердің сапасына оның сұрыптық және маусымдық ерекшеліктерінің әсері зерттелді. Сол себептен қауыннан түрлі өнімдер алу және кондитерлік өндірісте кеңінен пайдалану мақсатында оның химиялық құрамы анықталды.

**Кілтті сөздер:** қауын, өнім, бақша дақылдары, химиялық құрамы, дәрумен.

Қазіргі таңда облысымызда бақша дақылдарын оның ішінде қауын егістігін арттырып, халықты қауын өнімдерімен қамтамасыз ету үлкен маңызды іс-шаралардың бірі. Қауынның негізгі өсірілетін аймақтарының бірі Қазақстанның Оңтүстік облысы болып табылады. «Мырзашөл» сұрыптарындағы қауын өніміне деген сұраныс өте жоғары - мырзашөл қауынын барлығы біледі және бағалайды. Мырзашөл тұқымдасына жататын Жиенбай қауыны ешқандай химиялық қоспаларсыз күтіп бапталған. Бұл жердің қауынының дәмі ерекше.

Қауынның халық шаруашылығындағы маңызы жоғары. Дәрумендер мен қант құрамы бойынша қауын тіпті қарбыздан да асып кетеді. Дәндерінен жоғары сапалы тағамдық май өндіреді. Қауын халық медицинасында белгілі бір мағынаға ие. Қауынның құрамында: қант, А, Р, С дәрумендері, аскорбин қышқылы, темір минералды тұздары, калий, натрий және фруктоза, сахароза, глюкоза көміртектері бар. Оның құрамында фолий қышқылы болатындықтан, қан аздық ауруларында кеңінен қолданады.

Жемістерін туберкулез, бронхит, ревматизм ауруларында қолданады және жүрек-қантасыр ауруларында, бүйрек пен бауырдың дерттерінде қолдану ұсынылады. Ежелден-ақ қауын шырынын ішек құрттарына қарсы ем ретінде, тамақ аурулары мен созылмалы жөтелге қарсы қолданған. Қауын тұқымында 35 % дейін май болады. Қауын майы кеуіп кететін болғандықтан, одан жоғары сұрыпты бояу дайындайды. Қауын жемістері малға өңдеусіз-ақ немесе сүрленген түрде азыққа пайдаланады. Қауынды сабан мен топан қосып сүрлейді. Қауын жемісімен азықтандырылған малдардың сүт өнімі жақсы және оның майлылығы да жоғары болады [1].

Жақсы қауынның сабағы қалың болады. Ал қауынның піскендігін білу үшін сабағына қарама-қарсы беттегі қыртысын басып көру керек, шала қауынның сол тұстағы қабығы– қатты, ал піскен қауынның қабығы – басқан кезде аздап басылып, жұмсақ екендігі байқалып тұрады.

## • Технические науки

Қазіргі кезде бақша дақылдарын өңдеуден тек 100 %-ық өнім ғана алып қоймай, мысалы түрлі шырындар, оның сапасымен қоса адам денсаулығына пайдалылығы да ескерілуде. Өсімдік шикізатының химиялық құрамы оның тағамдық және биологиялық құндылықтарын негіздейтіні бәрімізге мәлім.

Сондықтан М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университетіндегі инженерлік бейіндегі "Конструкциялық және биохимиялық материалдар" аймақтық сынақ зертханасында қауынның кеш пісетін: "Мырзашөл", "Красномяска", "Қысқы сұрыпты қауын" сұрыптарының химиялық құрамын анықтау бойынша зерттеулер жүргізілді.

Қазақстанның Оңтүстік облысындағы қауынның кеш пісетін сұрыптарының химиялық құрамын анықтау бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. Қауынның минералды және дәрумендік құрамы

СТ РК ИСО 17294-2-2006. Құрамында 62 элементтер анықталды. Индуктивно-плазмамен байланысқан масс-спектрометрде (ИСП-МС) мг/100 гр						
	"Красномяска" қауыны	Мырзашөл қауыны (сары)	Қысқы сұрыпты қауын	Қысқы сұрыпты қауын	"Красномяска" қауыны	Мырзашөл қауыны (сары)
	мәйек	мәйек	мәйек	дән	дән	дән
Be9	0,000000	0,000007	0,000000	0,000000	0,000000	0,000000
Mg24	0,034011	0,004483	0,005072	0,297652	0,117518	0,233567
Al27	0,011236	0,002170	0,005862	0,031302	0,013499	0,014993
Si29	0,031783	0,003541	0,007245	0,100194	0,050278	0,047034
P31	0,008439	0,005997	0,002594	0,528883	0,222553	0,425608
K39	0,055024	0,084518	0,011676	0,253459	0,106216	0,188741
Ca44	0,016821	0,001524	0,004583	0,043199	0,015436	0,074598
Ti47	0,000208	0,000074	0,000073	0,000980	0,000456	0,000502
V51	0,000067	0,000026	0,000020	0,000270	0,000169	0,000177
Cr53	0,000022	0,000008	0,000006	0,000088	0,000039	0,000057
Mn55	0,000063	0,000034	0,000011	0,002071	0,000982	0,001395
Fe57	0,000660	0,002912	0,000239	0,008402	0,003834	0,005112
Co59	0,000001	0,000001	0,000000	0,000005	0,000002	0,000004
Ni60	0,000014	0,000018	0,000004	0,000047	0,000022	0,000044
Cu63	0,000094	0,000059	0,000012	0,001596	0,001009	0,001060
Zn66	0,000188	0,000107	0,000020	0,004655	0,002167	0,002821
Ge72	0,000002	0,000001	0,000000	0,000006	0,000003	0,000003
As75	0,000024	0,000005	0,000005	0,000075	0,000049	0,000035
Rb85	0,000017	0,000033	0,000002	0,000154	0,000064	0,000032
Sr88	0,000488	0,000046	0,000074	0,000639	0,000409	0,001138
Zi90	0,000954	0,000297	0,000145	0,002575	0,001308	0,001150
Nb93	0,000001	0,000000	0,000000	0,000002	0,000001	0,000001
Mo95	0,000011	0,000011	0,000002	0,000071	0,000049	0,000077
Ag107	0,000002	0,000000	0,000002	0,000006	0,000002	0,000010
Cd111	0,000016	0,000005	0,000002	0,000041	0,000020	0,000018
Sn118	0,000004	0,000001	0,000001	0,000010	0,000004	0,000008
Ba137	0,000229	0,000013	0,000050	0,000831	0,000463	0,000268

Қауыннан алынатын өнімдердің сапасына оның сұрыптық және маусымдық ерекшеліктерінің әсері өте жоғары. Қауынның пісіп жетілу мерзімі оның химиялық құрамының өзгеруімен байланысты болады. 1-кестеде көрсеткендей қауынның ерте пісетін сұрыбына қарағанда кеш пісетін сұрыптарының химиялық құрамында бірқатар өзгерістер бар: жемістің жұмсағы мен қабығында сахароза көбейіп (кәмек қауындарға қарағанда), нитраттардың құрамы төмендейді. Тағы бір қасиеті қауындағы қышқылдылықтың төмен болуы. Ал бұл жағдайлар қауыннан алынатын түрлі өнімдер үшін өте қажет.

Қауыннан жасалатын өнімдердің бәсекеге жарамдылығын арттыру үшін, олар келесі талаптарға жауап беруі қажет: отандық шикізаттардан өндірілуі, бәсекеге қабілетті бағасы болуы; аналогтарға

қарағанда сапасы жағынан функционалдық ерекшеліктері болуы, құрамында синтетикалық тағамдық қоспалардың болмауы, ұзақ сақтау мерзiмiдiлiгi болуы қажет [2].

2-кесте. **Қауын түрлерінің химиялық құрамы**

	Анықталатын компоненттері	Мырзашөл қауыны (сары)		"Красномьяска" қауыны		Қысқы сұрыпты қауын	
		дән	мәйек	дән	мәйек	дән	мәйек
1	pH		6,05		5,55		5,75
2	Ылғалдың массалық үлесі, %	2,13	85,95	2,26	93,22	2,45	96,02
3	Күлдің массалық үлесі, %	3,68	0,71	3,31	0,65	4,22	0,11
4	Титрленегін қышқылдығы, %	-	0,03	-	0,02		0,016
5	Клетчатканың салмақтық үлесі, %	-	0,046	-	0,034		0,0088
6	Массалық үлесі протокатех қышқылының, %, 3,4 -диоксибензой қышқылы	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ	Анықталған жоқ
7	C витаминінің массалық үлесі, мг/100мл	-	0,0013		0,00039		0,00026

Өндірісті қарқынды шарттарының бірі - қалдықсыз технологияны ендіру. Осы тараптан жұмыстың мақсаты - бақша өнімдерін жинап алғаннан кейінгі, іске аспай қалған бақша дақылдарын өңдеу арқылы қажет өнімдер алу.

Жоғарыда айтылғандай зерттеу жүргізіліп жатқан қауындардың кеш пісетін сұрыптарының құрамында: 17%-ға дейін сахароза болса, ал оның қабықтарында 1,4-1,68%-дейін сахароза бар.

Қауыннан түрлі шырындар, нәрсулар, бал, цукаттар, тосап, мармелад, қауынқақ және т.б. өнімдерді алуға болады. Мысалы, қауыннан әр түрлі тағамдық өнімдер даярланады. жемісін тіліп, кептіріп қақ жасайды, қауынқұрт қайнатады, шырынын булап «бал» дайындайды, ол бал «бекмес» деп те аталады. Бекместің құрамында 60% қант болады. Қауын тұқымынан 25–30% тағамдық май алынады.

Қауынның шырынды бөлігінен өңдеу арқылы түрлі өнімдер алуға болады. Ал одан қалған бөліктерін де іске асыру арқылы мысалы, қауын балын алуға болады. Қауыннан жасалған балдаға сахарозаның құрамы қауынның сұрыбына байланысты және шамамен 4,5%-дан 13%-ға дейін болады.

Өңдеуден қалған қауынның шырынды бөлігінен алынатын балдың технологиялық сұлбасы келесідей жүреді: мәйегін қабығынан ажыратады, мәйегін пресстеу арқылы нәрсуын алады, сүзгілейді, содан кейін вакуум-буландырғыштарда қоюланғанша буландандырылады.

Сонымен Қазақстанның Оңтүстік облысындағы қауынның кеш пісетін "Мырзашөл", "Красномьяска", "Қысқы сұрыпты" қауындарының химиялық құрамын анықтау бойынша жүргізілген зерттеулердің нәтижелері оларды кешенді өңдеу барысында маңызды ақпарат көзі ретінде пайдаланылады және алдымыздағы уақытта осы бағытта жүргізілген жұмыстар бойынша тың ақпараттар болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

[1] Санникова Т.А. Переработка товарного урожая и побочного сырья семеноводства бахчевых культур/ Т.А.Санникова, Е.И.Иванова, В.А.Мачулкина, А.П.Иванов// Аграрная Россия.-№ 3.-2007.-С.22-23.

[2] Санникова Т.А. Ресурсосберегающая безотходная технология производства дыни / Т.А.Санникова, В.А.Мачулкина: сб. науч. тр. - М, 2011.-С.498-500.

Досмаканбетова А.А., Оспанов Б.О., Сейткасимова Л.А., Пазилова Г.Д., Ибрагимова З.А.

#### **Влияние сортовых и сезонных особенностей дыни на качество продуктов получаемых из нее**

**Резюме.** Цель работы - изучить возможность использования нереализованного в срок бахчевого товарного урожая. Вместе с тем, по результатам исследований по определению химического состава позднеспелых сортов дыни Южно-Казахстанской области в производстве можно получить разные виды продуктов. Химический состав дыни определяет его пищевые и биологические ценности. Изучено влияние сортовых и сезонных особенностей дыни на качество продуктов. Поэтому в целях широкого получения различных продуктов из дыни и применения в кондитерских производствах определен ее химический состав.

**Ключевые слова:** дыня, продукт, бахчевые культуры, химический состав, витамины.

Dosmakanbetova A., Ospanov B., Seitkasimova L., Pazilova G., Ibragimova Z.C.

**The influence of varietal and seasonal variations of melon on the quality of produced goods**

**Summary.** The aim of the work is to study the possibility of using the melon crop that was not realized in time. At the same time, according to the results of the conducted studies to determine the chemical composition of the late-ripening varieties of melons of the South Kazakhstan region, different types of products can be produced in production. The chemical composition of the melon determines its nutritional and biological values. The influence of varietal and seasonal features of melon on the quality of products obtained from it has been studied. Therefore, in order to obtain a wide variety of melon products and use in confectioneries, its chemical composition is determined.

**Key words:** melon, product, melons, chemical composition, vitamins.

УДК:

**Т.К. Куанышбеков, М.А. Тулегенова, Н.Р. Гусейнов, Б. Озюлмаз, А.М. Ильин**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: [kuanyshbekov\\_17@mail.ru](mailto:kuanyshbekov_17@mail.ru))

**ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА**

**Аннотация.** Представлены результаты исследования зависимости электрической емкости и электрического сопротивления структуры на основе оксида графена от влажности. Была изучена стабильность показаний емкости и сопротивления чувствительного элемента от влажности. Датчик на основе оксида графена тестировался в условиях фиксированной влажности (17, 40, 70, 80, 90, 95 %) в течение 10 ч. Отклонение значений емкости и электрического сопротивления структуры в течение эксперимента не превысили 1 %.

**Ключевые слова:** графен, оксид графена, датчик влажности, установка для исследования чувствительности сенсора к влаге, слоистая структура датчика влажности.

**Введение**

Графен, оксид графена и другие углеродные материалы вызывают большой интерес со стороны научного сообщества за счет таких уникальных свойств как: высокий уровень теплопроводности и электропроводности, прочности и отличным адсорбционными характеристикам [1,2]. Оксид графена – соединение углерода, водорода и кислорода в различных соотношениях, которое образуется при обработке графита сильными окислителями [3,4].

По сравнению с другими углеродными материалами в оксиде графена на базальной плоскости присутствуют гидроксильные, карбонильные и карбоксильные функциональные группы и это делает его гидрофильным и полностью растворимым в воде. Данное свойство оксида графена делает его привлекательным в чувствительных к влаге элементах, которые можно использовать для определения влажности атмосферы [5,6,7].

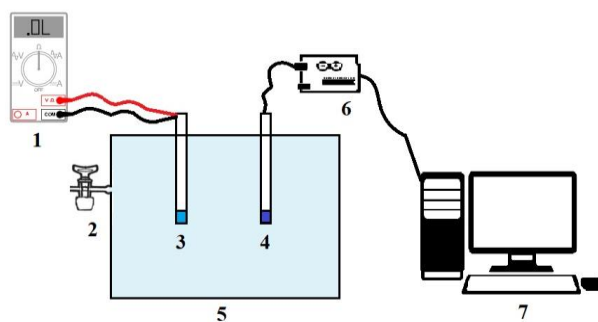
В связи с этим в настоящее время роль оксида графена имеет большое значение в измерении и контроле влажности окружающей среды для промышленной, сельскохозяйственной и человеческой деятельности [8,9,10,11].

**Экспериментальная часть**

В данной работе нами был изучен датчик влажности на основе оксида графена при влажности: 17, 40, 70, 80, 90, 95 % в течение 10 ч. при комнатной температуре. В качестве исходного материала нами был использован оксид графена фирмы Goographene.

На рисунке 1 показано схематическое изображение установки для исследования чувствительности сенсора к влаге.





- 1- мультиметр для измерения показания емкости и сопротивления;
- 2- кран;
- 3- чувствительный элемент на основе оксида графена;
- 4- эталон датчика влажности;
- 5- измерительная камера;
- 6- измерительный блок;
- 7- компьютер для отображения данных получаемых с сенсора.

Рис. 1. Схематическое изображение установки для исследования чувствительности сенсора к влаге

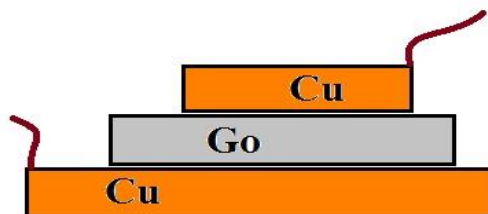


Рис. 2. Структура датчика влажности

На рисунке 2 показана слоистая структура датчика влажности, где оксид графена был нанесен между двумя тонкими медными электродами. Верхний электрод был нанесен таким образом, чтобы поверхность сенсора была в большей степени открыта для проникновения влаги в чувствительный материал.

На рисунке 3 приведены результаты проверки датчика на стабильность показания емкости под различными уровнями постоянной влажности в зависимости от времени. Из результатов видно, что разброс значений емкости структуры в течение длительного времени не превышает 0,9 %.

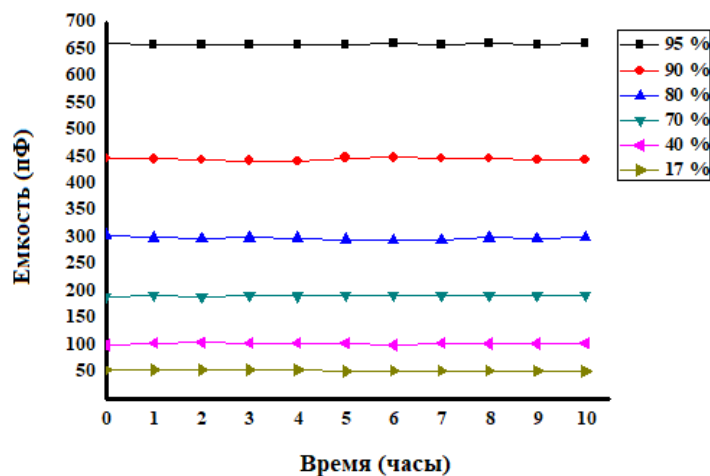
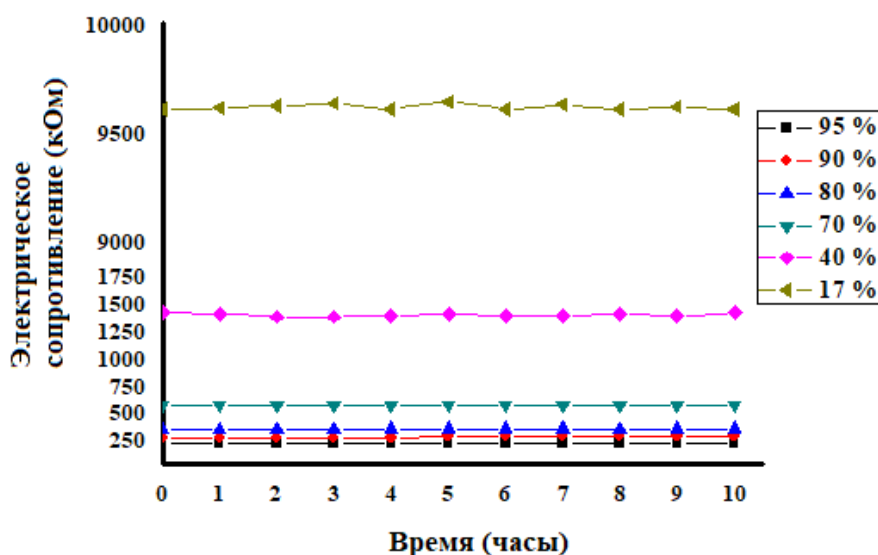


Рис. 3. Тестирование датчика влажности на стабильность показания емкости под различными уровнями постоянной влажности в зависимости времени

На рисунке 4 показано тестирование датчика на стабильность электрического сопротивления под различными уровнями постоянной влажности в зависимости времени. Из результатов видно, что отклонение электрического сопротивления структуры в течение длительного времени не превышает 0,7 %.



**Рис. 4.** Тестирование датчика влажности на стабильность показания электрического сопротивления под различными уровнями влажности

### Заключение

Нами был исследован датчик влажности на основе оксида графена при комнатной температуре. Была изучена стабильность показаний емкости и электрического сопротивления от времени удержания сенсора в влажной среде. Результаты датчика по тестированию стабильности показывают, что устройство работает стабильно под влиянием определенных уровней влажности в течение длительного времени, соответственно отклонение значений емкости и электрического сопротивления не превышает 1 %.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Graphene, G. Naik, S. Krishnaswamy. Room-Temperature Humidity Sensing Using Graphene Oxide Thin Films 2016, 5, 1-13 Published Online January 2016 in SciRes.
- [2] Куанышбеков Т.К., Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р. Термическое восстановление оксида графена в водородной атмосфере // Вестник КазНУ. – Технические науки. – Алматы. – 2017. – №3(121). – Стр. 331-336.
- [3] Мырзабекова М.М., Байгаринова Г.А., Гусейнов Н.Р., Ильин А.М. Определение характеристик проводимости композитов на полимерной основе с наполнителями из графена и его родственными структурами // Вестник КазНУ, Серия физическая, 2015 г, С.61-66.
- [4] He H., Klinowski J., Forster M., Lerf A. A new structural model for graphite oxide (англ.)// Chemical Physics Letters. — 1988. — Vol. 287, no. 1—2. — P. 53—56. — DOI:10.1016/S0009-2614(98)00144-4.
- [5] G. Naik, S. Krishnaswamy. Room-Temperature Humidity Sensing Using Graphene Oxide Thin Films. Graphene, 2016, 5, 1-13 Published Online January 2016 in SciRes.
- [6] Lee, C. & Lee, G. Humidity sensors: A Review. Sens. Lett.3, 1–15 (2005).
- [7] Lange, U., Hirsch, T., Mirsky, V.M. and Wolfbeis, O.S. (2011) Hydrogen Sensor Based on a Graphene-Palladium Nanocomposite. ElectrochimicaActa, 56, 3707-3712.
- [8] Nomani, M., Shishir, R., Qazi, M., Diwan, D., Shields, V., Spencer, M., Tompa, G.S., Sbrockey, N.M. and Koley, G. (2010) Highly Sensitive and Selective Detection of NO<sub>2</sub> Using Epitaxial Graphene on 6H-SiC. Sensors and Actuators B: Chemical, 150, 301-307.
- [9] Jeong, H.Y., Lee, D.-S., Choi, H.K., Lee, D.H., Kim, J.-E., Lee, J.Y., Lee, W.J., Kim, S.O. and Choi, S.-Y. (2010). Flexible Room-Temperature NO<sub>2</sub> Gas Sensors Based on Carbon Nanotubes/Reduced Graphene Hybrid Films. Applied Physics Letters, 96, Article ID: 213105.
- [10] Hengchang Bi, Kuibo Yin, Xiao Xie, Jing Ji, Shu Wan, Litao Sun, Mauricio Terrones & Mildred S. Dresselhaus, Ultrahigh humidity sensitivity of graphene oxide *Scientific Reports* 3, Article number: 2714 (2013).

[11] Sourav Ghosh, Ruma Ghosh, Prasanta Kumar Guha, and TarunKanti Bhattacharyya, Member, IEEE. Humidity Sensor Based on High Proton Conductivity of Graphene Oxide./ n IEEE Transactions on Nanotechnology · September 2015 DOI: 10.1109/TNANO.2015.2465859 / Pp 931-937

Куанышбеков Т.К., Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Озюлмаз Б., Ильин А.М.

#### **Графен оксиді негізіндегі ылғал датчигінің тұрақтылығын зерттеу**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада графен оксиді негізіндегі құрылымның ылғалға байланысты сыйымдылық пен электрлік кедергі нәтижелері көрсетілген. Сезімтал элементтің ылғалға байланысты сыйымдылық және электрлік кедергінің тұрақты көрсеткіштері зерттелді. Графен оксиді негізіндегі датчик бірнеше рет фиксацияланған ылғал жағдайында (17, 40, 70, 80, 90, 95%) 10 сағат көлемінде тексерілді.

**Ключевые слова:** графен, графен оксиді, ылғал датчигі, ылғалға сезімтал сенсорды зерттеуге арналған қондырғы, ылғал датчигінің қабатты құрылымы.

Kuanyshebekov T.K., Tulegenova M.A., Guseinov N.R., Özyilmaz B., Ilyin A.M

#### **Study of stability of humidity sensor based on graphene oxide**

**Summary.** In this paper, we present the results of a study of the dependence of capacitance and structure resistance on the basis of graphene oxide on humidity. The stability of the capacitance and resistance of the sensing element from humidity was studied. The sensor based on graphene oxide was repeatedly tested under conditions of fixed humidity (17, 40, 70, 80, 90, 95%) for 10 hours.

**Key words:** graphene, graphene oxide, humidity sensor, installation for studying the sensitivity of the sensor to moisture, layered structure of the humidity sensor.

УДК 622.232

**В.Ю. Куликов, О.М. Жаркевич, К.Н. Прохорко**

(Карагандинский государственный технический университет,  
Караганда, Республика Казахстан)

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА СГКР**

**Аннотация.** В статье рассматриваются наиболее часто встречающиеся неисправности цепного конвейера СГКР ЛПЦ-2 на АО «Миттал Стил Темиртау». Приведены эффективные методы восстановления деталей цепного конвейера СГКР. Газовая наплавка в среде защитных газов позволяет восстановить износ шейки ролики. Замена конструкции ролика позволяет устранить облом цапфы и ее выработку. Изменение конструкции звена цепи путем утолщения нижней подушки устраняет ее деформирование. Замена смазки подшипниковых опор конвейера на Циатим 202 препятствует высыханию подшипниковой опоры и убирает заклинивание подшипника.

**Ключевые слова:** конвейер, ролик, подшипник, смазка, звено, цепь, газовая наплавка, конструкция

Межцеховой конвейер склада горячекатаных рулонов (СГКР) ЛПЦ-2 на АО «АрселорМиттал Темиртау» расположен в подземном тоннеле между подъемно-поворотным столом (ППС) №2 ЛПЦ-1 и ППС ЛПЦ-2 (рисунок 1). Транспортёр предназначен для передачи горячекатаных рулонов из ЛПЦ-1 на ППС ЛПЦ-2.



Рис. 1. Межцеховой транспортер СГКР

## • Технические науки

Межцеховой транспортер состоит из двух секций опорных роликов, расположенных одна – перед приводными звездочками цепей со стороны ЛПЦ-2, вторая – после холостых звездочек цепей со стороны ЛПЦ-1. На секциях при помощи 4-х болтов и гаек М20 с двух сторон крепятся по 23 ролика с двумя корпусами с подшипниками №3516. Между этими крайними секциями расположены 14 одинаковых секций опорных роликов по 33 ролика на каждой. Рамы секций расположены на 28 парах железобетонных опор. По опорным роликам при помощи звездочек перемещаются две нитки цепей. Холостая часть цепей для исключения механических повреждений опирается на 59 роликов, расположенные под рабочей частью транспортера на нулевой отметке. Каждая нитка состоит из 260 секций цепей, которые представляют собой наружное и среднее звенья, скрепленные между собой валиком.

Смазка подшипников роликов осуществляется посредством маслопровода, запитанного от маслостанции [1].

Всего на межцеховом транспортере установлено:

- опорный ролик (рабочая часть) – 508 шт.;
- корпус подшипника (рабочая часть) – 1016 шт.;
- подшипник №3516 (рабочая часть) – 1016 шт.;
- опорный ролик (холостая часть) – 59 шт.;
- корпус подшипника (холостая часть) – 118 шт.;
- подшипник №3516 (холостая часть) – 118 шт.;
- секция цепи – 520 шт.

В результате проведенного статистического анализа установлено, что наиболее часто встречающимися неисправностями цепного конвейера являются: облом цапфы и выработка цапфы, выработка звеньев, коррозия из-за отсутствия смазки (рисунок 2 - 4).



а) облом цапфы



б) выработка цапфы

Рис. 2. Разрушение цапфы



Рис. 3. Деформация звена цепи



Рис. 4. Отсутствие смазки подшипников



К эффективным методам восстановления наиболее изнашивающихся деталей цепного конвейера СГКР можно отнести:

- газовую наплавку и изменение конструкции ролика;
- изменение конструкции звена цепи;
- применение специальной смазки для цепного конвейера.

Для устранения облома и выработки цапфы мы используем два метода: газовую наплавку и изменение конструкции шейки ролика.

Увеличение прочности и износостойкости шейки ролика достигается наплавкой подготовленной поверхности проволокой марки SW146 с последующей проточкой для снятия напряжений и последующим шлифованием [2].

Наплавку производят с помощью сварочного оборудования для механизированной сварки (модель - AMI G500) в среде защитных газов (рисунок 5).



**Рис. 5.** Установка для наплавки (модель - AMI G500)

Наплавка в среде защитных газов ( $Ar\ 99\% + O_2\ 1\%$ ) осуществлялась при следующих режимах, указанных в таблице 1.

Сварочный ток, А	Сварочное напряжение, В	Скорость сварки, мм/мин	Расход газа, л/мин	Вылет проволоки, мм
200	23,4	6	10	24

В результате соблюдения режимов наплавки износостойкость шейки роликов увеличивается в 3 раза.

Замена конструкции ролика также позволяет устранить облом цапфы и ее выработку. По сравнению со старой конструкцией ролика (рисунок 7) новая конструкция ролика (рисунок 8) имеет следующие отличия:

- усиление шейки ролика путем утолщения основания и увеличение радиуса с 15 мм до 25 мм в местах перехода основания в реборды (1);
- изменение посадочного места подшипника, связанное с заменой подшипника на более усиленный (увеличено с 35 мм до 58 мм) (2);
- увеличение толщины всех реборд для усиления (увеличено с 30 мм до 40 мм) (3);
- увеличение диаметра реборды (с  $\varnothing 220$  мм до  $\varnothing 240$  мм) (4).

Это дает возможность увеличить срок службы ролика и избежать его выхода из строя.

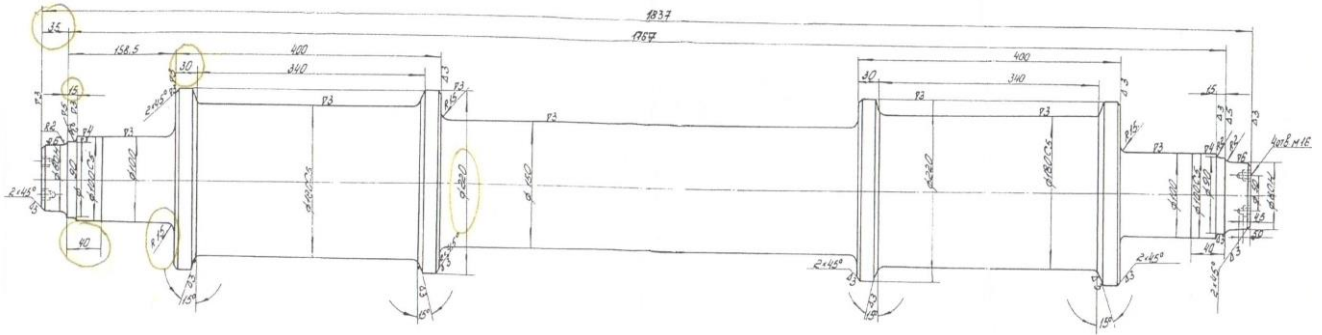


Рис. 7. Старая конструкция ролика СГКР

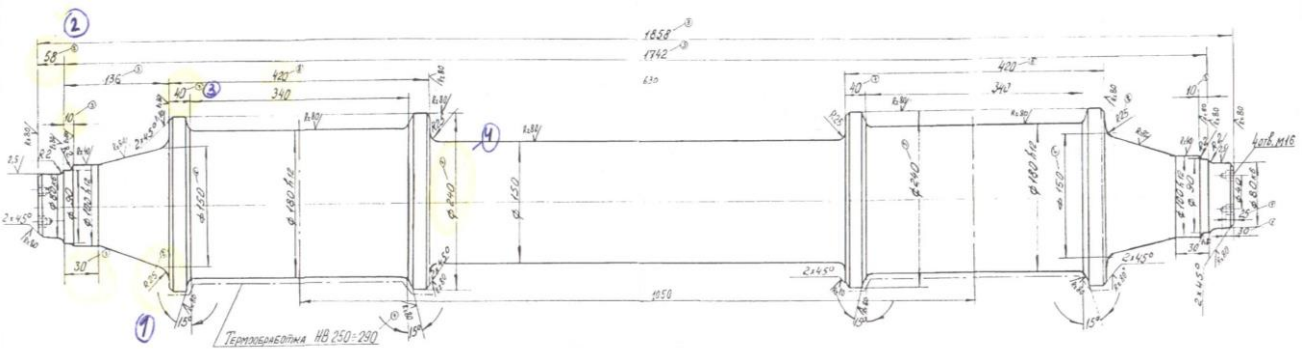


Рис. 8. Новая конструкция ролика

Такой дефект, как деформация звена цепи, предлагается устранить изменением его конструкции путем утолщения нижней подушки, которая деформируется в результате воздействия нагрузок при погрузке рулонов. На основании места соединения звеньев увеличен радиус с 20 мм до 30 мм. Для увеличения прочности основания звена был уменьшен диаметр монтажного отверстия с  $\text{Ø}130$  мм до  $\text{Ø}80$  мм.

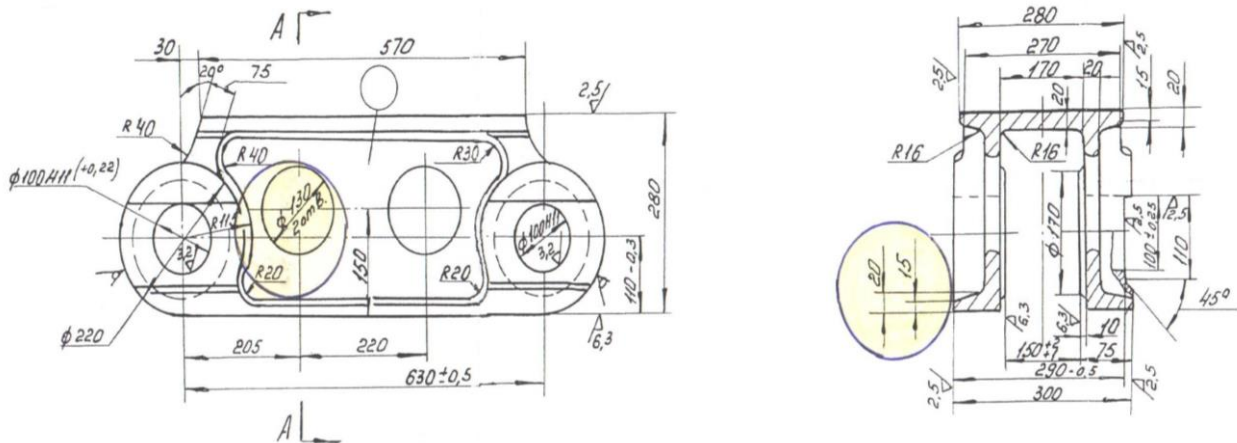


Рис. 9. Старая конструкция звена цепи

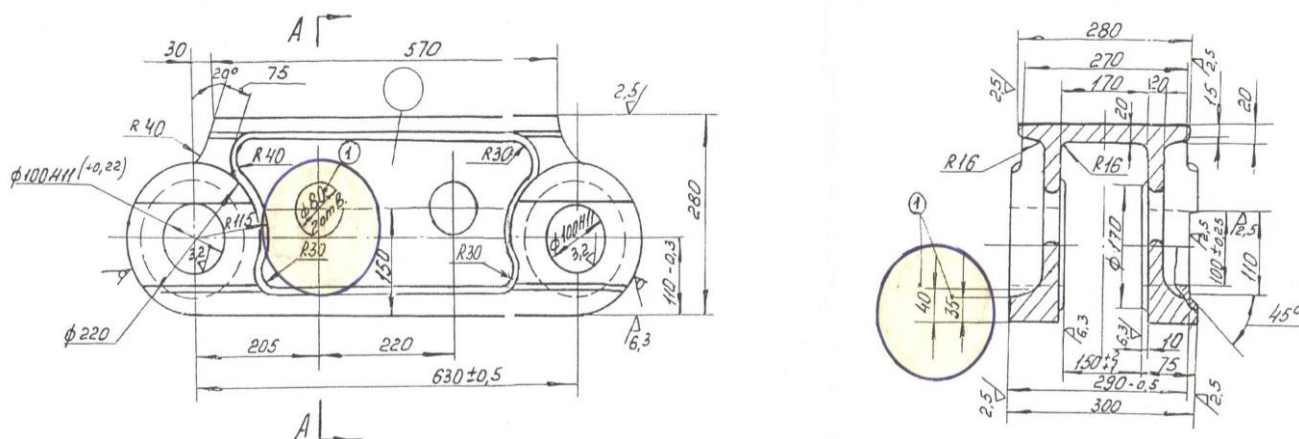


Рис. 10. Новая конструкция звена цепи

Замена марки смазки цепного конвейера позволит избежать закливание подшипника и отсутствия смазки в узлах.

Учитывая тяжелый режим работы металлургического оборудования, требуемую надёжность и непрерывность действия, и потребность в больших количествах смазки, к смазочным материалам предъявляют следующие основные требования [3]:

- надежные антифрикционные и противоизносные свойства;
- требуемая вязкость и способность хорошо смачивать трущиеся поверхности (противозадирные свойства);
- способность противостоять высоким давлением и сопротивляться вытеснению из зазора между трущимися поверхностями;
- стабильность, т.е. устойчивость в отношении температуры, окисления, разложения и пр.;
- химическая нейтральность;
- экономическая выгодность применения.

В данный момент для смазки подшипниковых опор конвейера СГКР используется солидол ИП-1 – густая смазка, изготовленная на основе кальциевых жирных кислот (мыл). Ее используют для узлов конвейера, для тяжело нагруженных опор подшипников условиях вращения с малой угловой скоростью ( $n < 50$  об/мин) [4]. Следовательно, режим работы конвейера не противоречит технологическим параметрам густой смазки.

Однако при повышении температуры увеличивается текучесть данной смазки, что приводит к высыханию подшипниковой опоры. Также образуется высокоабразивный кальциевый налет, который приводит к заклиниванию подшипника.

В этой связи предлагается использовать густую смазку на основе литиевых жирных кислот, например, циатим 202, работающую при малых усилиях сдвига при высоких нагрузках. Она работоспособна при температуре от  $-50$  до  $+120$  °С.

Период между очередными добавлениями свежей порции смазки по [5]  $h = 2400$  часов.

Количество периодически добавляемой смазки, г:

$$Q = 0,0005D \times B, \quad (1)$$

где  $D$  - наружный диаметр подшипника, см;

$B$  - ширина подшипника, см.

График смазывания назначается в соответствии с графиком обслуживания оборудования, принятом на СКГР. Карта смазки цепного транспортера СГКР приведена в таблице 1.



Таблица 1. Карта смазки деталей межцепового цепного конвейера СГР

Наименование точки смазки	Кол-во точек, шт.	Применяемая смазка	Кол-во на 1 подачу, см <sup>3</sup>	Сроки смазки в сутки
Корпус подшипников	1	Циатим 202	2	4

Подобный график обеспечивает постоянное присутствие смазки в подшипниковых опорах.

Предлагаемый комплекс мероприятий наиболее изнашивающихся деталей цепного конвейера СГР позволит оптимизировать работу цепного конвейера СГР, сократить время аварийных простоев и снизить расходы на закупку данных деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гаевик Д. Т. Смазка оборудования на металлургических предприятиях. – М.: Высшая школа, 2000. - 245 с.  
 [2] Ельцов В.В. Восстановление и упрочнение деталей машин: электронное учебное пособие. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2015. – 335 с.  
 [3] Жиркин, Ю.В. Надежность, эксплуатация и ремонт металлургических машин / Ю.В. Жиркин. – МГТУ им. Г.И. Носова, 2005. – 504 с.  
 [4] Иванов М. Н. Детали машин. – М.: Высш. шк, 2007. – 408 с.  
 [5] Данилов В.Ф., Литвиненко А.Н., Ахсанов М.М., Тимербаев Р.М. Масла, смазки и специальные жидкости. - Елабуга: изд-во филиала К(П)ФУ, 2013. – 216 с.

Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.

#### Оптимизация работы цепного конвейера СГР

**Түйіндеме.** Берілген мақалада «Миттал Стил Темиртау» АҚ-да айрықша жиі кездесетін СГР ЛПЦ-2 тізбекті конвейердің ақаулары жайлы қарастырылады.

СГР конвейердің бөлшектерін қалпына келтіруге тиімді әдістер келтірілген. Қоршаған газ ортасында газды балқыма аунақша мойнының тозуын қалпына келтіруге жағдай туғызады. Аунақшаның конструкциясының ауысуы шетмойынның сынуы мен оның өнімділігін жоюға жағдай туғызады. Астыңғы тіректі қалыңдату бағытымен шынжырдың түйін конструкциясының ауысуы оның деформациялануын жояды. Конвейердің мойынтіректі тіректі май жағуын Циатим 202-ге ауысуы мойынтіректі тіректің кебуіне бөгет жасайды және мойынтіректің сыналанын жояды.

**Түйінді сөздер:** конвейер, аунақша, мойынтірек, май жағу, түйін, шынжыр, газды балқыма, конструкция.

Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.

#### Оптимизация работы цепного конвейера СГР

**Summary.** This article discusses the most common malfunctions of the chain conveyor of the SGKR LRS-2 at JSC “Mittal Steel Temirtau”. Effective methods of restoring the parts of the chain conveyor of the SGKR are presented. Gas surfacing in a protective gas environment allows restoring the wear of the rollers neck. Replacement of the roller construction allows eliminating the trunnion of the trunnion and its production. Changing the design of the chain link by thickening the bottom cushion eliminates its deformation. The replacement of the lubrication of the bearing supports of the conveyor on Ciatim 202 prevents drying of the bearing support and eliminates the jamming of the bearing.

**Keywords:** conveyor, roller, bearing, lubrication, link, chain, gas surfacing, construction

ӘОЖ 004.7

**М.Н. Боранбай, Н.П. Сапарходжаев, Қ.А. Айдаров**  
 (Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

#### ЖОҒАРЫ ДЕҢГЕЙЛІ АЙҚЫН ЕМЕС ПЕТРИ ЖЕЛІСІН ПАЙДАЛАНЫП СМАРТФОНҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚҰЛАУДЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ

**Аңдатпа.** Құлап түсу мәселесі қоғамда жаһандық денсаулық сақтаудың маңызды мәселелерінің бірі болып бара жатыр. Бұрынғы зерттеулерде құлауды анықтайтын құрал ретінде арнайы жабдық қабылданды, бірақ ол егде жастағы адамдар үшін ыңғайсыз және болашақта қолдану қиын. Белгілі бір құлауды анықтау құралдарына қарағанда, смартфон жиі пайдаланылады, адамның құлауына арналған мобильді құрылғы ретінде таңда-

лады және осы мақсат үшін құлауды анықтау алгоритмі жасалады. Пайдаланушы не істеу керек - бұл смартфонды төмен түсіру үшін оның қалтасына салып қою. Үш-осьтік G-сенсорымен анықталған сигналдар адам ағзасының тоқтау жағдайында анықтаудың негізі ретінде сигнал векторының шамаларына айналады. Z осі деректер жиынтығы адам ағзасының бейімділігін анықтау үшін түсіріледі және кіріс параметрлері ретінде пайдалану аймағының шыңында пайда болу жиіліктері пайдаланылады. Жоғары деңгейдегі айқын емес Петри желісі қалыпты әрекеттерді, жаттығуды және құлауды қоса, адам әрекеттерін анықтау мен дамыту үшін қолданылады. Зерттеудің нәтижелері тиісті жабдықтарда немесе үйде күтім жасау саласында қолданылуы мүмкін.

**Түйінді сөздер:** Құлаудың анықталуы, Жоғары деңгейлі Петри желісі, Смартфон, G-сенсоры, Үйде күтім жасау.

Медициналық технологияның жетістіктері мен туған күнін азайту арқасында Тайвань қартаю қоғамына қарқынды қадам жасайды. 2012 жылы Бюджет, Бухгалтерлік есеп және статистика басқармасының, атқарушы Юанның мәліметтері бойынша, жалпы халықтың 11% -ы 65 жас және одан да көп жастағы азаматтардың қауіпсіздігіне және қамқорлығына деген қажеттілік бар екенін көрсетті. «2005 жылғы азаматтардың денсаулығы мен есірткіге тәуелділігі туралы сауалнама» [1] 65 жастан жоғары немесе одан жоғары жастағы азаматтар үшін 28-35% мүмкіндігі 70 және одан жоғары жастағы адамдар үшін 32-42% -ға дейін өсті. Төмендеу тек сынған сүйектерді, ауырсынуды, қозғалғыштығы мен қарт адамдардың денсаулығының нашарлауына алып келеді; және кейбір төтенше жағдайларда өлім. Сондықтан, бұл біреу құлап, одан әрі зиянды болдырмау кезінде медициналық көмек үшін ескертуді көтеруді талап ететін мәселе.

Технологияның жылдам өсуі смартфондардың өркендеуін тудырады. Көптеген нарықта қол жетімді смартфондар G-сенсорымен және жақындық сенсорымен жабдықталған [2,3]. Сондықтан, адам құлауына қарсы құрылғылардан жиірек көрінетін смартфон адамның құлауына арналған мобильді құрылғы ретінде таңдалады және осы мақсат үшін құлауды анықтау алгоритмі әзірленді. Пайдаланушы не істеу керек - смартфонды күзгі табу үшін оның қалтасына салып қою.

Адам құлауына қатысты [4-6] бірқатар зерттеулер құлауды анықтау үшін жылдамдық пен бұрылыс бұрыштарын қолдануға мүмкіндік берді. Адам ағзасында зорлық-зомбылық қозғалысы болған кезде, мысалы, жаттығу кезінде, қате анықтау мүмкін.

Демек, бұл фактор немесе жиілік адамның құлауына қатысты сәйкестендіру негіздерінің бір бөлігі ретінде ескерілді. Үш-осьтік G-сенсорымен жиналған сигналдар сигнал векторының шамаларына айналады. Z-осі деректер жинақтары алынып, пайда болу жиіліктері кіріс параметрлері ретінде есептеледі. Жоғары деңгейдегі айқын емес Петри желісі (HLFPN) қалыпты әрекеттерді талдау, әзірлеу және сәйкестендіру, жаттығу және құлау үшін қабылданды. Осылайша, біреу құлаған кезде ескерту сигналы көтерілуі мүмкін және жарақаттанудың алдын алу үшін дереу медициналық көмек көрсетілуі мүмкін және төмендеуі салдарынан өлімді азайтады.

Мобильді және кең таралған оқытуды ескере отырып, кең таралған есептеу ортасы адамдарға кез келген уақытта және кез келген жерден үйренуге бейімделген материалдар мен қызметтерді ұсынуға мүмкіндік береді [7]. Екінші жағынан, мобильді басқарушы менеджердің сандық ақпараттық ақпараттын талдау және іздеу жеке тұтынушыларды сатып алуды жеңілдететін кезде, уақыт пен орынға байланысты қызмет немесе жабдыққа сілтеме жасайды. Chang және басқалар жүргізген мобильдік оқыту бойынша зерттеуге ұқсас. [8], мобильдік басқару үш элементті қамтиды: мобильді құрылғы, байланыс инфрақұрылымы және басқару әдісі. Мобильді құрылғыға қосымша ретінде, менеджерлер кез келген уақытта және кез-келген жерде басқара алады, ал мұндай құрылғы басқарылатын және басқарылатын нысандар арасында екі жақты сымсыз байланыс арнасын ұсынатын басқарылатын ақпаратпен қамтамасыз ете алады [3,9].

Бұл бөлімде [10] айқын емес ақылға қонымды алгоритмді (FRA) қысқаша шолып шығамыз, бұл алдыңғы және артығымен реттелмейтін ереже арасындағы айқын анық емес матрица бар-жоқтығын анықтау үшін.

INPUT:  $Mem(pi) \forall pi \in IP$ , мұндағы IP кіріс орындарының жиынтығын білдіреді.

OUTPUT:  $Mem(pi) \forall pi \in O OP$ , онда ОП шығыс жиынтығын білдіреді.

PROCEDURE

1-қадам. Бастапқыда, кіріс айнымалыларында жұмыс істейтін ұсыныста тек мүшелік дәрежесі (DOM) болуы мүмкін деп пайымдайсыз. Демек, бастапқы таңбалау функциясы төмендегідей көрсетіледі:

$$M(pi) = 0, \text{ егер } pi \notin IP \quad (1)$$

$M(pi) =$  деректер таңбаларының саны, егер  $pi \in IP$  болса

2-қадам.  $\forall tj \in T$ , есептеу  $V(tj) = Wa \times Wc = (wa1, wa2, \dots, wam) T \Delta (wc1, wc2, \dots, wcn)$ , мұндағы  $T$  транзи - кездесулер;  $V(tj)$  – бұл алдыңғы және  $tj$  ережелері арасындағы айқын емес реляциялық матрица;  $Wa = \{wa1, wa2, \dots, wam\}$  – антисециты үшін салмақсыз жиынтығы;  $Wc = \{wc1, wc2, \dots, wcn\}$  – кейінгі үшін салмақты салмақ; ал айқын емес жиынның әрбір элементі айқын салмақ аралықпен анықталады.

3-қадам.  $Wa$ -кірісіне деректер үлгісін енгізіңіз.

4-қадам. Өткізілген өткізулерді өртету. Әрине, кез-келген транзитке рұқсат етіңіз. Содан кейін есептеу

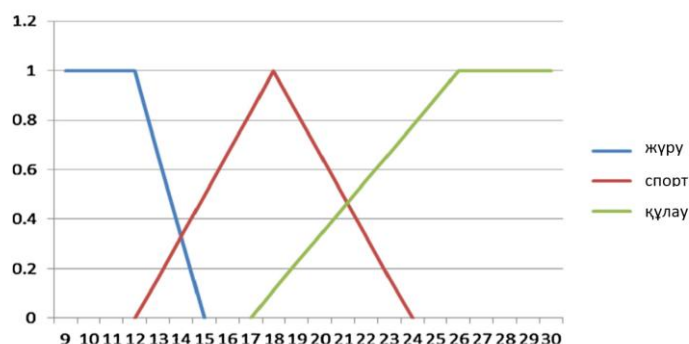
$tj \in T / \forall pk, M(pk) =$  деректер таңбаларының саны  
 $Wa = Wa -$  енгізу  $Wc = Wa * V(tj)$  немесе  $\neg Wa * V(tj)$  егер, басқа бөлігі қол жетімді болса.

5-қадам. Әрбір айнымалы  $O$  айнымалысы үшін оның қауымдастырылған мүшелігі  $W$  болып табылады  $c = \{wci\} = V wci, i = 1, 2, \dots$ . Біз, онда  $O$  айнымалы нақты нәтижелерге қол жеткіземіз.

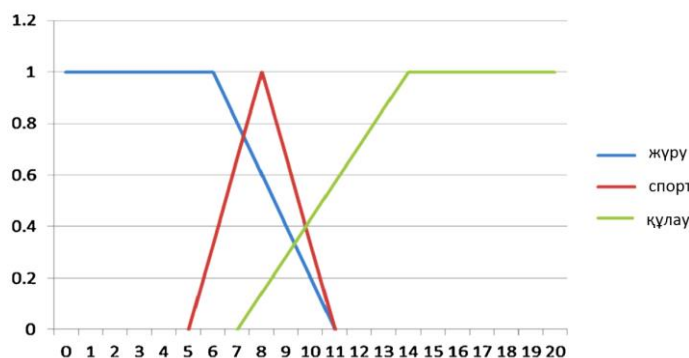
6-қадам. Алдымен, 4-қадамға өтіңіз  $\exists tj \in T / M(pi) = 1 \forall pi \in I(tj)$ . Яғни, қол жетімді ауысу әлі де бар болса, 4-қадамға өтіңіз.

7-қадам. Максималды дефицитациялау әдісі қолданылады және оның жұмыс істеу шамасы есептеледі.

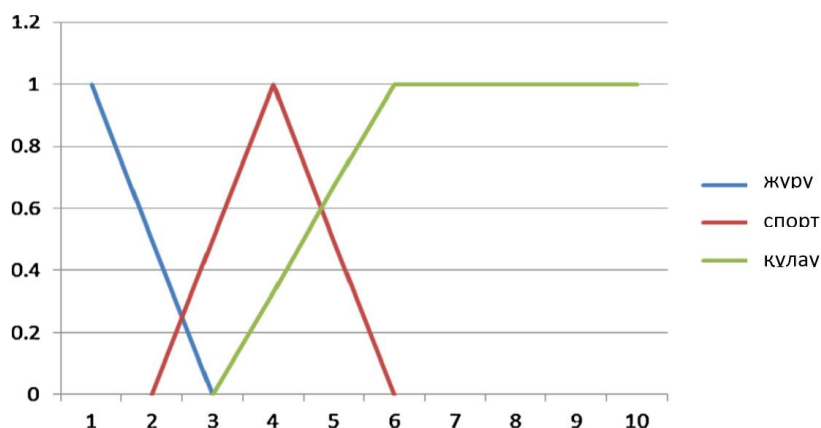
SVM пайдаланушысы ининстенттік қозғалыстардың бар-жоғын анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін, ал  $Z$ -осінің жеделдетілу мәні пайдаланушы бейімділікпен айналысады ма екендігін анықтайды. Пайдаланушының жиіліктік параметрлері құлаудың қайталанбас табиғатына байланысты дерлік қайталанып отырады. Осылайша, мақалада SVM,  $Z$ -осінің жеделдетілген мәні және мүшелік функциясын анықтау үшін жиілік параметрлері қабылданады. Thestudy функциясын үш мәртеге бөледі: жоғары, орташа және жарық, эксперименттерге сәйкес әзірленген, сур. Зерттеуде үш кіріс параметрлері қолданылады: сигнал векторы,  $Z$  осі және жиілік параметрі. Біз олардың мүшелерін «жоғары», «орта» және «төмен» деп бөлеміз. Зерттеу жұмысына қойылатын талаптарға сәйкес, 1-кестеде көрсетілгендей, әрбір мүшелік функцияға «жоғары», «орташа» және «төмен» деңгейлер беріледі.



1-сурет. Сигнал векторының шамасы үшін мүшелік функцияның түрлері



2-сурет. Z осі үшін мүшелік функциясының түрлері



**3-счета.** Жиілік параметрі үшін мүшелік функцияның түрлері

Жоғарыда көрсетілген модель эксперименттер үшін Android негізіндегі телефонға іске асырылады. Жалпы пайдаланушылардың құлауын және кәдімгі әрекеттерін ескере отырып, күзгі тест тестілеуде толтырылған. Бұл құлау алға қарай құлап, артқа қарай құлап, тік құлаған сайын, жаяу жүру, жүгіру, секіру, отыру және отырғызу сияқты күнделікті жаттығуларға бөлінеді. Сынақ тақырыбы 20-дан 56 жасқа дейінгі 12 еркек пен әйелден тұрады. 1,55-ден 1,83 м-ге дейін, салмағы 44-тен 72 кг-ға дейін. Қауіпсіздік мақсатында, құлауды 30 жасқа дейінгі еріктілер жүргізді. Нәтижелер Кесте 1-те келтірілген. Зерттеуде «Қалыпты әрекетке» бару, отыруға, «Спортқа» жүгіруге және секіруге болады. Төрт жалпы құлау жағдайлары, атап айтқанда, алға қарай құлауы, артынан құлауы, бүйірден құлауы және тік құлау «Күз» деп тағайындалады. (5) дәлдігін есептеу үшін пайдаланылды, онда FDA күздің анықталу дәлдігін білдіреді, DF төмендейді анықталған және FDNF анықталмаған құлау санын білдіреді. Барлық оқиғаларды ескере отырып, (6) NFDA күнделікті кәдімгі процестердің пайыздық белгісінің белгісіздігін білдіреді, NFDF күзгі күндерде анықталған күнделікті кәдімгі санын білдіреді және NFDNF кәдімгі күнделікті кәдімгі әрекеттердің санын анықтайды. Жүргізілген эксперименттер 4-кестеде келтірілген. Біздің эксперименттерімізде жиілік параметрлерінде екі параметр,  $t = 5$  және  $e = 4$  белгіленді.  $DF = 36$ ,  $FDNF = 4$ ,  $NFDF = 3$  және  $NFDNF = 52$  болғандықтан, HLFPN құлаудың дәлдік пайызы 90%-ға дейін, ал күнделікті кәдімгі процестердің сәйкессіздік пайызы – 2,7% құрайды. 4-кестеден бастап, HLFPN SVM-ке қарағанда жұмыс істейді.

**1-кесте. Күздің анықталуының тәжірибелік нәтижелері**

Оқиғалар	Әрекет уақыты		Түсіп кетті		Қабылдамауды анықтады		Дәлдік жылдамдығы	
	HLFPN	SVM	HLFPN	SVM	HLFPN	SVM	HLFPN	SVM
Алға қарай құлау	30		30	30	0	0	100%	100%
Артына құлау	30		30	30	0	0	100%	100%
Шлюз құлады	30		23	28	7	2	76,6%	93,3%
Тігінен құлау	30		25	29	5	1	83,3%	96,7%
Жаяу	30		0	0	10	0	100%	100%
Жүгіру	30		0	30	30	0	100%	0%
Секіру	30		0	24	30	6	100%	20%
Отыр	30		4	4	26	26	75%	75%
Шіркеу	30		0	0	30	30	100%	100%

2-кесте. Күзгі анықтау жүйелерін салыстыру

	dSVM және mdSM [4]	Түсініксіз логика және нейрондық желі [5]	SVM және моноаксиалды жеделдету [6]	HLFPN негіздеуі
Позиция	Кеуде және білезіктер	мықын	мықын	Қалта қалтасы
Денеге бекітілген	Ия	Ия	Ия	Жок
Құрылғы	Мүлікке жарамды аппаратура	Мүлікке жарамды аппаратура	Мүлікке жарамды аппаратура	Смартфон
Алға қарай құлдырау	Қолдау	Қолдау	Қолдау	Қолдау
Артынан құлдырау	Қолдау	Қолдау	Қолдау	Қолдау
Жаяу құлау	Қолдау	Қолдау	Қолдау	Қолдау
Тігінен құлдырау	Қолданылмайды	Қолдау	Қолданылмайды	Қолдау
Дәлдік жылдамдығы	90.66%	94%	95.83%	90%
Күнделікті кәдімгі әрекеттерді дұрыс анықтау	0.89%	Белгісіз	Белгісіз	2.7%

Көптеген сенсорлармен жабдықталған смартфондарды кеңінен қолдануға негізделген адамға ыңғайлы адам құлауының алгоритмі және үйлесімді қосымшасы әзірленді. Зиянды зондтау құралдарын сатып алудың қажеті жоқ, ал смарт-телефонды талға немесе кеудеге салудың қажеті жоқ. Оны тасымалдау үшін жеткілікті кеңістік. Қалыпты әрекет және жаттығулар көптеген параметрлерді әзірлеуге және кателерді анықтауды азайту үшін HPFPN-ге енгізілді. Баяндаманың жарналары мыналардан тұрады: (1) смартфондарды күзді анықтауға арналған портативті құрылғыны қолдану және пайдаланушыларға қосымша электронды құрылғыларды сатып алудың қажеті жоқ; жылжыту. (2) Смарт-телефонды сымның қалтасынан екі жағына нақты сәйкестендірілмеген аймақсыз орналастыру арқылы айтарлықтай көбірек жайлылықты енгізу арқылы анықтауға болады. (3) Жаяу серуендеу, спортта және құлдыраудың алдын алу үшін жағдайларды айқындайды. (4) Жиіліктің параметрлерін күзді анықтауға арналған баламалы деректер ретінде қолдану.

Зерттеу жүйесінде жоғарыда көрсетілген артықшылықтар дамығанымен, кейбір күрделі жағдайлар мен қозғалыстар баспалдақтан құлап түскен, бірнеше соқтығысу немесе уақытша теңгерімсіздік сияқты дәл анықталмайды. Нәтижесінде, осы зерттеу жүйесінде болашақта бірнеше күрделі жағдайларды және көптеген қозғалыстарды диагностикалау кезінде дәлдікті анықтайды. Сонымен қатар, Калибрлеу механизмі Қолданбаларды түрлі смартфондарға немесе мобильді құрылғыларға қолдану кезінде автоматты баптау параметрлерін қажет етеді. Болашақ мақсат - бұл технологияны бауыр функциясы, қант диабеті, холестерин, немесе канцерогендер немесе түрлі уақыт кезеңдерінде медициналық деректер базасына қосуға және бұлтты есептеулермен интеграциялау арқылы жүйені толығымен жасауға мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Мелихов А.Н., Берштейн Л.С., Коровин С.Я. Ситуационные советующие системы с нечеткой логикой. М.: Наука, 1990. - 272 с.
- [2] Блишун А.Ф., Знатнов С.Ю. Обоснование операций теории нечетких множеств. В кн.: Нетрадиционные модели и системы с нечеткими знаниями. - М.: Энергоатомиздат, 1991, с. 21-33.
- [3] В 1965 г. вышла первая работа Лотфи Заде (Lotfi Zadeh) по теории НМ и нечеткой логике (Zadeh L.A. Fuzzy sets.- Information and Control. 1965- No.8, pp.338-353).
- [4] Гриняев С. Нечеткая логика в системах управления// Журнал «Компьютерра» №38, 2001.
- [5] Макаров И.М., Лохин В.М., Романов М.П., Аналитическое конструирование нечетких регуляторов сложных динамических объектов, IX научно-техническая конференция «Экстремальная робототехника», СПбГТУ, 1998.

- [6] Алиев Р.А. Интеллектуальные роботы с нечёткими базами знаний. М.: Радио и связь, 1995. 178 с.: ил.
- [7] Киселёв Д.В., Ющенко А.С. Нечёткое управление движением мобильных роботов. Вестник МГТУ им. Н.Э.Баумана. Приборостроение. 2001. №1. с. 86-99.
- [8] Орлов А.И. Задачи оптимизации и нечеткие переменные. - М.: Знание, 1980. - 64 с.
- [9] Захаров В.Н., Ульянов С.В. Нечеткие модели интеллектуальных промышленных регуляторов и систем управления. 2. Эволюция и принципы построения. - Известия АН РАН. Сер. Техн. кибернетика, N 4, 1993, с. 189-205.
- [10] Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова М.: Наука, 1986. - 311с.

Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров К.А.

### **Проектирование системы обнаружения падения на основе смартфона с использованием нечеткой сети Петри**

**Резюме.** Проблема падения является одной из важнейших проблем глобального здоровья в обществе. В предыдущих исследованиях было выявлено устройство для обнаружения падения, но оно было неудобно для пожилых людей и его трудно будет применять в будущем. Несмотря на специальная устройство, которое обновляем человеческое падения, смартфон используется очень часто как мобильное резервное устройство и для этой цели был выведен алгоритм распознавания падения, что для этого должен сделать пользователь – взять смартфон и положить его в карман. Сигналы, идентифицированные трехосевым G-датчиком, преобразуются в значения вектора сигнала в качестве основы для определения разрывов человеческого тела. Набор данных по оси Z захватывается для определения адаптивности человеческого тела и частоты появления в вершине зоны использования в качестве входных параметров. Неопределенная сеть высокого уровня используется для выявления и развития действий человека, включая нормальные действия, упражнения и падение. Результаты исследования могут быть использованы в соответствующем оборудовании или на дому.

**Ключевые слова:** обнаружение падения, высокоуровневая нечеткая сеть Петри, Смартфон, G-сенсор, дом забота.

Boranbay M.N., Saparhodzhaev N.P., Aydarov K.A.

### **Designing a smartphone-based drop detection system using an fuzzy Petri network**

**Summary.** The sudden fall of older people has become one of the most important issues in global health. The smartphone, which is more widely used by all people than specific devices, has been selected as a mobile device for falling human fall. The purpose of this paper is to develop an algorithm for detecting and dropping the fall. The user must insert the smartphone in the hip pocket. Signals detected during fracture condition have been converted to vector magnets by signaling the three-axis G-sensor adopted. Then the Z-axis data was obtained. These data have been used as parameters for the human body's adaptability and the frequency range of the action zone. For the analysis, the Petri network was unclear at the top level. The result of the study can be used for the case.

**Keywords:** Fall detection, High-level fuzzy Petri net, Smartphone, G-sensor, Homecare.

УДК 544.77.051

**Т. Кайралиева<sup>1,2</sup>, С.Б. Айдарова<sup>2</sup>, А.В. Макиевский<sup>3</sup>, В.Б. Файнерман<sup>3</sup> и Р. Миллер<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Макс-Планк-Институт Коллоидов и Интерфейсов, Потсдам, Германия

<sup>2</sup>Казахский Национальный Исследовательский Университет имени К.И. Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан

<sup>3</sup>SINTERFACE Технологии, Берлин, Германия)

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ АДСОРБЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ КАПЛИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ МЕТОДОМ КАПЕЛЬНОЙ ТЕНЗИОМЕТРИИ**

**Аннотация.** При адсорбции поверхностно-активных веществ (ПАВ) на поверхность капли малого размера величина отношения площади капли  $A$  к ее объему  $V$  велика. Это характерно для тензиометрии с использованием метода анализа профиля капли. Наоборот, при использовании метода профиля пузырька отношение площади капли  $A$  к ее объему  $V$  мало, поскольку объем раствора в кювете велик. При использовании метода капельной тензиометрии с высокими значениями отношения  $A/V$  наблюдается уменьшение концентрации ПАВ в объеме капли, что вызвано адсорбцией существенного количества ПАВ на поверхности капли.

Используя соответствующий экспериментальный протокол, можно правильно определить параметры адсорбции ПАВ по значениям поверхностного натяжения, полученным методом тензиометрического анализа

профиля капли и пузырька. В таком протоколе следует учитывать уменьшение количества молекул ПАВ в объеме (обеднение) при его адсорбции на поверхности капли. В статье такой подход применяется к экспериментальным данным для некоторых ПАВ с различной поверхностной активностью. Обнаружено, что для слабого ПАВ sodium dodecyl sulphate (SDS) такое обеднение незначительно, тогда как для более активных ПАВ CnTAB и Tween 20 этот эффект существенен.

**Ключевые слова:** адсорбционный слой поверхностно активного вещества, тензиометрия с использованием анализа профиля капли и пузырька, понижение концентрации поверхностно активных веществ при адсорбции, модельные расчеты.

### **1. Введение**

В числе обычных методов, тензиометрия с использованием анализа профиля капли и пузырька наиболее часто используется для изучения свойств адсорбционных слоев ПАВ, полимеров и их растворов на границах раздела фаз вода/жидкость [1]. Многочисленные работы посвящены применению тензиометрии в различных областях, например, в медицине [2], инкапсуляции [3,4], пищевых технологиях [5], и процессах разделения фаз [6]. Эта методика, существенно усовершенствованная группой Ноймана (Neumann) [7, 8, 9, 10], в настоящее время используется как стандартный метод измерения динамического и статического поверхностного и межфазного натяжения растворов.

Тем не менее, как было показано почти 20 лет назад [11], результаты для одних и тех же растворов ПАВ и протеинов, полученные с помощью анализа профиля капли и профиля пузырька, могут существенно отличаться. Также было показано, что наблюдаемые различия между данными поверхностного натяжения, полученными путем измерений профиля капли и пузырька, могут быть использованы для оценки количества протеина, адсорбированного на границе раздела фаз [12]. Из результатов этой работы очевидно, что для растворов ПАВ или протеинов с концентрацией ниже определенного уровня, потери количества этих веществ в объеме капли происходят вследствие их существенной адсорбции, приводящей к уменьшению остаточной концентрации в капле. Кроме того, на границе вода/масло, распределение ПАВ между двумя жидкими фазами и границей также зависит от геометрических факторов, таких, как отношение объемов двух жидкостей, и площади межфазной границы [13]. Пренебрежение эффектами, связанными с обеднением раствора, может привести к искаженному описанию адсорбции. Изотерма поверхностного натяжения, построенная неправильно, т. е. с использованием данных тензиометрического анализа профиля без учета и корректировки возможных эффектов обеднения, может привести к ошибкам в определении параметров адсорбции и неправильным моделям адсорбции.

В настоящей работе мы представляем метод, который позволяет правильно скорректировать экспериментальные данные, полученные для растворов некоторых поверхностно-активных веществ, с использованием тензиометрического анализа профиля капли. Используемый метод основан на учете баланса массы поверхностно-активного вещества в объеме капли и его количества, адсорбированного на поверхности капли. Алгоритм анализа требует знания точного объема и площади поверхности капли. Экспериментальные данные для SDS, CTAB и Tween20 используются для того, чтобы выявить различие между данными, полученными методами тензиометрии профиля пузырька и капли, и, таким образом, показать, как изотермы поверхностного натяжения, полученные с помощью тензиометрии профиля капли, должны быть скорректированы с учетом обеднения для их согласованности с соответствующими данными, полученными путем тензиометрического анализа профиля пузырька.

### **2. Алгоритм коррекции**

Цель этой работы состоит в том, чтобы показать, как следует скорректировать экспериментальные данные измерений равновесного поверхностного натяжения, чтобы впоследствии использовать их для сравнения с адсорбционными моделями, такими как модели Фрумкина или Ленгмюра.

Уравнение состояния поверхностного слоя и изотерма адсорбции для модели Фрумкина имеют следующий вид:

$$-\frac{\Pi\omega_0}{RT} = \ln(1-\theta) + a\theta^2 \quad (1)$$

$$bc = \frac{\theta}{1-\theta} \exp(-2a\theta) \quad (2)$$

где  $\theta = \Gamma\omega$  - степень покрытия поверхности,  $\Gamma$  - адсорбция,  $\omega = \omega_0(1 - \varepsilon\Pi\theta)$  - молярная площадь с учетом коэффициента внутренней сжимаемости  $\varepsilon$ ,  $\Pi = \gamma_0 - \gamma$  - поверхностное давление,  $\gamma_0$  и  $\gamma$  -



поверхностное натяжение растворителя и раствора, соответственно,  $a$  - параметр взаимодействия,  $R$  – универсальная газовая постоянная,  $T$  - температура,  $b$  - коэффициент адсорбционной активности.

Следует отметить, что в данных уравнениях  $c$  – это концентрация поверхностно-активного вещества в приповерхностном слое. Во время процесса установления равновесия молекулы поверхностно-активных веществ адсорбируются на поверхности капли, так что концентрация поверхностно-активного вещества в объеме капли уменьшается. Если эксперименты выполняются по методу анализа профиля пузырька, количество поверхностно-активного вещества, адсорбированного на поверхности, на несколько порядков меньше по сравнению с его количеством в объеме, и поэтому его можно не учитывать.

Эффект обеднения раствора можно количественно описать с помощью учета баланса массы. Обозначим через  $M$  количество поверхностно-активного вещества в растворе с объемом  $V$  и начальной концентрацией  $c_0$ :  $M = c_0V$ . После установления равновесия количество вещества, адсорбированного на границе раздела фаз, становится равным  $\Gamma A$ , а концентрация в капле уменьшится и станет равной  $c$ , и общая масса ПАВ определится как  $M = cV + \Gamma A$ . Поскольку в процессе адсорбции общее количество ПАВ остается неизменным:  $M = c_0V = cV + \Gamma A$ , то окончательная равновесная концентрация ПАВ в капле равна  $c = c_0 - (A/V)\Gamma$ . Вводя эту окончательную объемную концентрацию в соотношение (2), получим:

$$b\left(c_0 - \frac{A}{V}\Gamma\right) = \frac{\theta}{1-\theta} \exp(-2a\theta) \quad (3)$$

Систему уравнений (1) и (3) следует использовать для определения параметров модели, добиваясь наилучшего соответствия значений, рассчитанных по этим уравнениям, с экспериментальными данными, полученными из тензиометрического анализа формы капли, а уравнения (1) и (2) используются для расчета поверхностного натяжения по данным, полученным из тензиометрического анализа формы пузырька.

### **3. Материалы и экспериментальные методы**

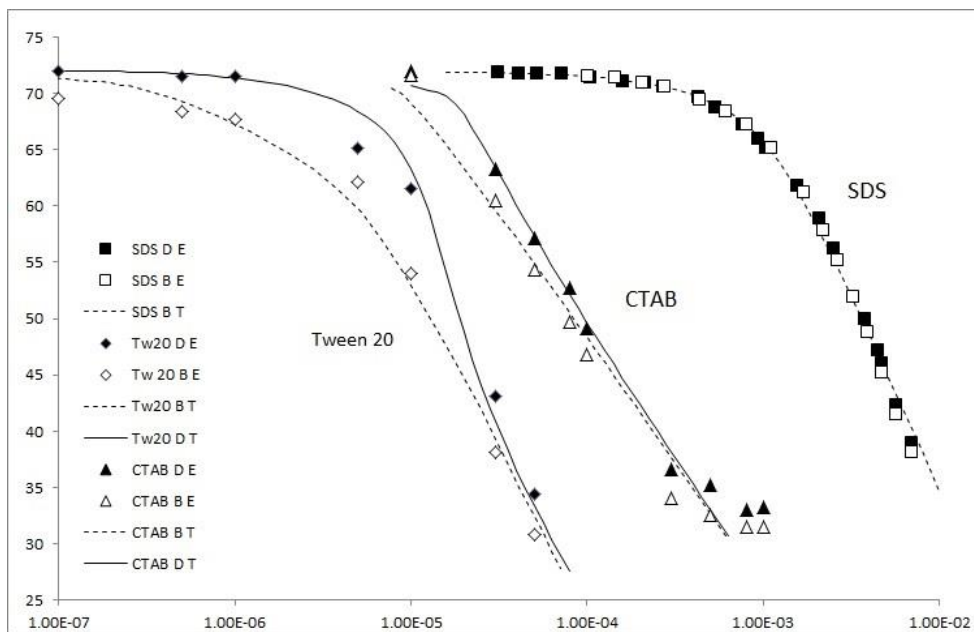
Эксперименты проводились с помощью тензиометра PAT-1 (SINTERFACE Technologies, Германия), в котором имплементированы методы анализа профиля капли и пузырька. Принцип используемого метода детально описан в [14]. Объем измерительной ячейки составлял 25 мл. Как метод поджатого (сплюснутого) пузырька, так и метод висячей капли применимы для изучения динамического поверхностного натяжения растворов поверхностно-активных веществ во всем процессе установления равновесия. В экспериментах профили пузырьков и капель были несферичными: пузырьки были несколько сплюснены, а капли имели вытянутую форму. Пузырек формировали на нижнем конце вертикально расположенного тефлонового капилляра с внутренним диаметром 3 мм. В методе висячей капли использовали стальной капилляр с коническим внутренним профилем и внутренним диаметром на конце равным 2,8 мм. Площади поверхности капли и пузырька составляли 37 мм<sup>2</sup> и автоматически поддерживались постоянными в течение всего эксперимента. Начальные объемы капель и пузырьков также были почти равны: 25-27 мм<sup>3</sup>. Следует отметить, что объем капли уменьшается в процессе адсорбции на 1-6 %; этот показатель увеличивается с увеличением поверхностного давления. Этого явления невозможно избежать (можно поддерживать постоянное значение либо площади поверхности капли, либо объема капли, но не обеих величин одновременно), и оно дополнительно учитывалось в расчетной программе.

В ходе эксперимента изучали следующие поверхностно-активные вещества: SDS (додецилсульфат натрия), СТАВ (гексадецилтриметиламмоний бромид), Tween 20 (полиоксиэтилен (20) сорбитан монолаурат). Все ПАВ были приобретены в Sigma-Aldrich. Растворы были приготовлены в воде Milli Q, поверхностное натяжение которой составляло 72.0±0.2 мН/м при температуре 25 °С (поддерживалась постоянной в ходе всего эксперимента) в интервале времени до 10000 с.

### **4. Результаты и обсуждение**

Рисунок, представленный в этом разделе, иллюстрирует зависимость равновесного поверхностного натяжения от концентрации для разных поверхностно-активных веществ. Показанные экспериментальные значения были получены с использованием тензиометрического анализа профиля капли и пузырька, а теоретические кривые были рассчитаны в соответствии с моделью, описанной в разделе 2. Следует отметить, что на рисунке, для сравнения, показаны экспериментальные точки и теоретически рассчитанные кривые, построенные как в зависимости от начальной объемной концен-

трации  $c_0$  (для метода профиля капли), так и от конечной равновесной концентрации  $c$  (для метода профиля пузырька). Чтобы их различать, значения, построенные в зависимости от  $c$ , показаны пунктирными кривыми, а значения, построенные в зависимости от  $c_0$  - сплошными кривыми. Экспериментальные точки показаны двумя видами символов – измеренные методом анализа профиля капли обозначены закрашенными символами, а измеренные методом анализа профиля пузырька – незакрашенными символами, и отложены в зависимости от  $c_0$  и  $c$ , соответственно.



**Рис. 1.** Изотермы равновесного поверхностного натяжения для водных растворов SDS (квадраты), СТАВ (треугольники) и Tween 20 (ромбы), измеренного тензиометрическими методами анализа профиля капли (закрашенные символы) и пузырька (незакрашенные символы), и рассчитанного путем фитирования экспериментальных данных, полученных методами анализа профиля пузырька (пунктирные линии) и капли (сплошные линии).

Из рис. 1 видно, что исследуемые ПАВ обладают различной поверхностной активностью. В частности, из расположения изотерм очевидно, что SDS обладает гораздо меньшей поверхностной активностью, чем СТАВ, а Tween 20 является наиболее поверхностно-активным веществом из исследованных в работе. Соответственно этому, как экспериментальные данные, так и расчетные значения поверхностного натяжения для SDS, скорректированные с учетом отношения  $A/V$  свидетельствуют о незначительной степени обеднения, то есть данные, измеренные как методом профиля пузырька, так и методом профиля капли соответственно, почти одинаковы для SDS. Кривая, рассчитанная фитированием по модели Фрумкина данных, полученных по методу профиля капли, не показана, так как практически совпадает с кривой (пунктирная линия), рассчитанной фитированием данных, полученных по методу пузырька.

Напротив, поверхностная активность СТАВ больше, а эффекты обеднения более существенны. Из рис. 1 видно, что для СТАВ значения поверхностного натяжения, измеренные методом анализа профиля пузырька, намного меньше, чем данные, полученные методом анализа профиля капли. Следовательно, полученная изотерма, построенная по данным метода капли, смещена в область более высоких концентраций по сравнению с изотермой, полученной по данным метода пузырька. Более того, также и наклон изотермы, полученной фитированием данных метода пузырька, меньше по сравнению с наклоном изотермы, полученной по данным метода капли. Обе вычисленные кривые (пунктирная, рассчитанная по данным метода профиля пузырька, и сплошная, рассчитанная по данным метода профиля капли по уравнениям (1) и (2)) хорошо согласуются с экспериментальными данными. Очевидно, однако, что изотерма, построенная по данным метода капли, не отражает реальную зависимость поверхностного натяжения от концентрации раствора. С другой стороны, если пересчитать данные по методу капли с использованием уравнений (1) и (3), то вычисленная кривая (на рисунке она не показана) почти совпадает с кривой рассчитанной по данным метода профиля пузырька.

Таким образом, предлагаемая процедура фитирования равновесных данных поверхностного натяжения по модели Фрумкина, с одновременным учетом обеднения раствора вследствие адсорбции, дает хорошие результаты. Полученные фитированием параметры модели для всех исследуемых ПАВ приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры модели Фрумкина для исследованных ПАВ

ПАВ	$\omega_0$ , м <sup>2</sup> /моль	$b$ , м <sup>3</sup> /моль	$a$	$\varepsilon$ , м/мН
SDS	$2.9 \cdot 10^5$	0.3	1.2	0.005
СТАВ	$2.6 \cdot 10^5$	19.48	1.8	0.009
Tween 20	$2.5 \cdot 10^5$	826.2	0.6	0.005

На рис. 1 также показаны данные, полученные для Tween 20. Это поверхностно-активное вещество представляет собой неионное ПАВ полисорбатного типа, полученное этоксилированием сорбитана с последующим добавлением лауриновой кислоты. Вещество является химически устойчивым и относительно малотоксичным; используется в качестве пенообразователя и эмульсификатора в бытовой химии, фармацевции и научных исследованиях. Видно достаточно хорошее совпадение кривой, рассчитанной с параметрами модели Фрумкина (приведены в таблице 1), с экспериментальными данными, полученными методом пузырька. Приведенные в таблице значения коэффициента адсорбционной активности также свидетельствуют о том, что Tween 20 – наиболее активное из всех исследованных поверхностно-активных веществ.

### 5. Заключение

Для оценки параметров уравнения состояния и изотермы адсорбции использован алгоритм, основанный на экспериментальных данных, полученных с применением тензиометрического анализа профиля капли. Алгоритм количественно учитывает баланс массы поверхностно-активного вещества в объеме и на поверхности капли, с использованием точных значений площади поверхности и объема капли.

Сравнительный анализ данных, рассчитанных для трех поверхностно-активных веществ с различной адсорбционной активностью, показал соответствующее различие между результатами, полученными для одного и того же ПАВ с использованием метода профиля капли и профиля пузырька. Следует отметить, что в методе профиля пузырька концентрация поверхностно-активного вещества в окрестности границы раздела не изменяется во время адсорбции, то есть эффект обеднения отсутствует. Различия между результатами, полученными этими двумя методами, становятся менее значительными с увеличением начальной концентрации поверхностно-активного вещества, т. е. с уменьшением поверхностного натяжения. Для капилляров с меньшим радиусом отношение площади поверхности капли к объему капли выше, что приводит к более заметному уменьшению концентрации поверхностно-активного вещества в объеме капель по сравнению с начальной концентрацией в процессе установления адсорбционного равновесия.

Общий вывод состоит в том, что для поверхностно-активных веществ с достаточно высокой адсорбционной активностью, то есть для тех, которые имеют параметр адсорбционной активности  $b$ , превышающий примерно 10 м<sup>3</sup>/моль, данные равновесного поверхностного натяжения, полученные при помощи тензиометрического анализа профиля капли, можно анализировать на соответствие определенной модели адсорбции только количественно учитывая обеднение объемной концентрации, обусловленное адсорбцией на поверхности капли. Если эти эффекты обеднения игнорировать, то результирующие параметры изотермы или даже общая модель адсорбции могут оказаться ошибочными.

Эта работа выполнялась при финансовой поддержке по гранту (Т.К.) of the European Marie Curie Initial Training Network CoWet, и по проекту 1395GF4, финансируемому Министерством образования и науки Республики Казахстан.

### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Bubble and Drop Interfaces, in Progress in Colloid and Interface Science, Vol. 2, R. Miller and L. Liggieri (Eds.), Brill Publ., Leiden, 2011
- [2] Y.Y. Zuo, R.A.W. Veldhuizen, A.W. Neumann, N.O. Petersen and F. Possmayer, Current perspectives in pulmonary surfactant - inhibition, enhancement and evaluation. Biochim. Biophys. Acta 1778 (2008) 1947-1977.
- [3] S. Aidarova, A. Sharipova, J. Krägel and R. Miller, Polyelectrolytes/surfactant mixtures in the bulk and at water/oil interfaces, Adv. Colloid Interface Sci., 205 (2014) 87–93

- [4] A.A. Sharipova, S.B. Aidarova, V.B. Fainerman, E.V. Aksenenko, N.E. Bekturganova, Y.I. Tarasevich and R. Miller, Effect of electrolyte on adsorption of polyallyl amine hydrochloride/sodium dodecyl sulphate at water/tetradecane interface, *Colloids Surfaces A*, 460 (2014) 11-17.
- [5] J. Maldonado-Valderrama, N.C. Woodward, A.P. Gunning, M.J. Ridout, F.A. Husband, A.R. Mackie, V.J. Morris and P.J. Wilde, Interfacial characterization of b-lactoglobulin networks: displacement by bile salts. *Langmuir* 24 (2008) 6759-6767.
- [6] J.K. Ferri, P. Carl, N. Gorevski, T.P. Russell, Q. Wang, A. Böker and A. Fery, Separating membrane and surface tension contributions in Pickering droplet deformation. *Soft Matter* 4 (2008) 2259-2266.
- [7] Y Rotenberg, L Boruvka, and A.W. Neumann, Determination of surface tension and contact angle from the shapes of axisymmetric fluid interfaces. *J. Colloid Interface Sci.* 93 (1983) 169-183.
- [8] P Cheng, D Li, L Boruvka, Y Rotenberg, and A.W. Neumann, Automation of ADSA for measurements of interfacial tensions and contact angles. *Colloids Surfaces* 43 (1990) 151-167.
- [9] M Hoorfar and A.W. Neumann, Recent progress in axisymmetric drop shape analysis (ADSA). *Adv. Colloid Interface Sci.* 121 (2006) 25-49.
- [10] S.M.I. Saad and A.W. Neumann, Total Gaussian curvature, drop shapes and the range of applicability of drop shape techniques. *Adv. Colloid Interface Sci.* 204 (2014) 1-14.
- [11] A.V. Makievski, G. Loglio, J. Krägel, R. Miller, V.B. Fainerman and A.W. Neumann, Adsorption of Protein Layers at the Water/Air Interface as Studied by Axisymmetric Drop and Bubble Shape Analysis, *J. Phys. Chem.* 103 (1999) 9557-9561.
- [12] V.B. Fainerman and R. Miller, Direct determination of protein and surfactant adsorption by drop and bubble profile tensiometry, in "Bubble and Drop Interfaces", Vol. 2, Progress in Colloid and Interface Science, R. Miller and L. Liggieri (Eds.), Brill Publ., Leiden, 2011, p. 179-193.
- [13] A. Yeung, T. Dabros and J. Masliyah, Does Equilibrium Interfacial Tension Depend on Method of Measurement?, *J. Colloid and Interface Sci.* 208 (1998) 241-247.
- [14] G. Loglio, P. Pandolfini, L. Liggieri, A.V. Makievski and F. Ravera, Determination of Interfacial Properties by the Pendant Drop Tensiometry: Optimisation of Experimental and Calculation Procedures, in "Bubble and Drop Interfaces", Vol. 2, Progress in Colloid and Interface Science, R. Miller and L. Liggieri (Eds.), Brill Publ., Leiden, 2011, p 7-38.

Кайралиева Т., Айдарова С.Б., Макиевский А.В., Файнерман В.Б., Миллер Р.

**Беттік активті заттардың адсорбциясы кезінде ұсақ тамшы бетінде тамшы ауданы мен тамшы көлемі арасындағы ара-қатынастың төмендеуін анықтау**

**Түйіндемесі.** Беттік активті заттардың адсорбциясы кезінде ұсақ тамшы бетінде тамшы ауданы мен тамшы көлемі арасындағы ара-қатынас үлкен болып табылады. Бұл үдірісті сипаттау үшін тамшының профильді анализы негізіндегі тензиометрия қолданылады. Осыған қарама-қарсы көпіршік профильді анализ келесі ара-қатынасты сипаттау үшін қолданылады:  $A/V \ll 1$ , себебі кювета ішіндегі ерітінді көлемі үлкен.  $A/V$  ара-қатынасы үлкен жағдайда көпіршікті тензиометрия әдісін қолдану барысында БАЗ-дардың тамшы көлеміндегі концентрациясының төмендеуі байқалады.

Анализ жүргізу барысында дұрыс протокол қолдану БАЗ-дардың адсорбция параметрлерінің беттік керілу арқылы анықтауға болады.

Өлшеу негізінде адсорбция кезінде БАЗ-ң молекула саның төмендеуін ескере тұру қажет. Көрсетілген мақалада беттік активтілігі түрлі БАЗ ерітінділерінде осы әдіс қолданылуы көрсетілген. Анализ нәтижесінде жай БАЗ натрий додецилсульфат ерітіндісінде концентрация төмендеуі кем, ал активтілігі жоғары БАЗ CnTAB және Tween 20 артық.

**Кілттік сөздер:** беттік активті заттың адсорбция қабаты, тамшы және көпіршік профилі негізінде тензиометрия анализі, адсорбция процесі негізіндегі БАЗ концентрациясының төмендеуі, модельді есептеулер

Kairaliev T., Aidarova S.B., Makievsky A.V., Fainerman V.B., Miller R.

**Determination of the reduction of the concentration of the surface-active substance by adsorption on the surface of the drop during measurements by drop method of densiometry**

**Summary.** When surfactants adsorb at the surface of a small drop, the ratio between drop area  $A$  to drop volume  $V$  is rather large. This is the case in drop profile analysis tensiometry. On the opposite, in bubble profile analysis tensiometry we have  $A/V \ll 1$  due to the large volume of solution in the cuvette. For large ratios  $A/V$  we observe a depletion of the surfactant in the drop bulk caused by their significant amount adsorbed at the drop surface.

With a respective protocol, the correct adsorption parameters of surfactants can be determined from surface tension data measured by drop and bubble profile analysis tensiometry. This protocol must take into account the loss of surfactant molecules due to the adsorption at the surface of the single drop used for the measurements. The approach is applied to experimental data measured for some selected surfactants of different surface activity. While for the weak

surfactant sodium dodecyl sulphate (SDS) the depletion effect is negligible, for the stronger surfactants CTAB and Tween 20, it is significant.

**Keywords:** surfactant adsorption layers, drop and bubble profile analysis tensiometry, surfactant depletion due to adsorption, model calculations

УДК 536.5:621.383.52

**Н.Г. Серик, С.Ж. Токмолдин**

(Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева.  
Алматы, Республика Казахстан, [Serik.nurzhan@list.ru](mailto:Serik.nurzhan@list.ru))

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ *p-n* ПЕРЕХОДА В ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ СВЕРХЯРКОГО СВЕТОДИОДА на СТЕНДЕ НЕО 200**

**Аннотация.** Исследованы температурные параметры светодиодов красного, желтого, синего, зеленого и фиолетового света с целью определения температуры гетероперехода в структуре светодиода. Проведены измерения вольт-амперных характеристик светодиодов и прямого падения напряжения от температуры.

**Ключевые слова:** светодиод, теплоотвод, температура.

#### **Постановка задачи**

Целью проведения исследования является определение температуры перехода в гетероструктуре сверхяркого светодиода. В последнее время светодиоды все активнее используются для создания светотехнических устройств. Однако в силу особенностей свойств полупроводниковых материалов рабочие характеристики светодиодов существенно термозависимы. Это вынуждает внимательно относиться к вопросам отвода

тепла от светодиода при создании светотехнических устройств на их основе.

Температура кристалла зависит от температуры *p-n*-перехода, соответствующей температуре активной области. Важность этой характеристики объясняется следующими причинами. Во-первых, от температуры *p-n*-перехода зависит внутренний квантовый выход излучения светодиода. Во-вторых, работа в режиме высоких температур значительно сокращает время жизни устройства. В-третьих, высокая температура внутри светодиода может явиться причиной разрушения его корпуса. Именно поэтому всегда желательно знать зависимость температуры перехода от протекающего тока.

Местами выделения тепла внутри светодиода являются контакты, внешние слои и активная область. При низких значениях тока нагревом контактов и внешних слоев можно пренебречь из-за незначительного количества джоулевого тепла. Поэтому при малых токах основным тепловым источником является активная область, нагрев которой происходит в результате безызлучательной рекомбинации.

#### **Методика эксперимента**

Существуют различные методы определения температуры *p-n*-перехода. Есть методы непосредственного измерения температуры поверхности кристалла. Но с помощью этих методов невозможно измерить температуру активной области, т. к. ее размеры могут составлять всего несколько атомных слоев. И градиент температуры вблизи этой зоны велик, соответственно там велики температурные перепады. Поэтому

мы выбрали косвенный метод измерения температуры *p-n*-перехода с помощью термочувствительного параметра. В качестве термочувствительного параметра мы взяли прямое падение напряжения на светодиоде. Преимущество этого параметра в том, что прямое напряжение линейно зависит от температуры в широком интервале изменения.

Вывод теоретической зависимости прямого падения напряжения светодиода от температуры был получен [1] из уравнения для вольт-амперной характеристики идеального *p-n*-перехода (уравнение Шокли)

$$J = J_S \left[ \exp \left( \frac{eV}{n_{ideal} \cdot kT} \right) - 1 \right] \quad (1)$$

## • Технические науки

где  $J_s$  – плотность тока насыщения. Все приведенные параметры зависят от температуры  $p$ - $n$ -перехода. Учитывая их температурные зависимости, запишем производную и, взяв производную от прямого падения напряжения  $V$  по температуре находим,

$$\frac{dV_f}{dT} = \frac{eV_f - E_g}{eT} + \frac{1}{e} \cdot \frac{dE_g}{dT} - \frac{3k}{e} \quad (2)$$

Это уравнение и определяет основную зависимость прямого падения напряжения светодиода от температуры. Три слагаемых правой части этого выражения отображают температурные зависимости ширины запрещенной зоны, концентрации собственных носителей и эффективной плотности состояний. Основной вклад дает зависимость ширины запрещенной зоны от температуры.

### Проведение эксперимента

Нами проводились исследования на комплексном стенде испытания термического анализа для светодиодов НЕО-200 коммерческих светодиодах красного и желтого света на основе структур AlGaInP, и светодиодах зеленого, синего и фиолетового света на основе структур InGaN/AlGaIn/GaN.

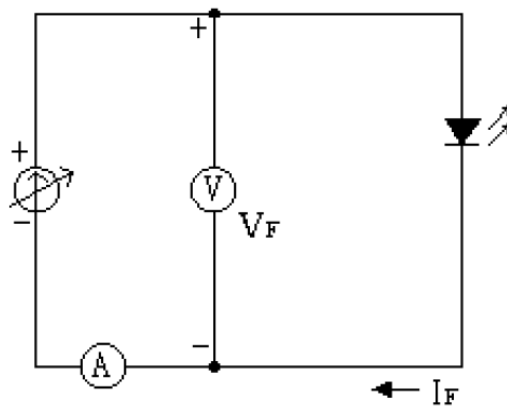


Рис 1. Схема для проверки прямых электрических параметров светодиодов



Рис 2. Комплекс для испытания светодиодов

Все светодиоды выполнены в одинаковых корпусах диаметром 5 мм. Для исследуемых светодиодов проводились измерения вольт-амперных характеристик в диапазоне температур от 20 до 75 °С. Для красного светодиода температурные зависимости ВАХ представлены на рис.1.

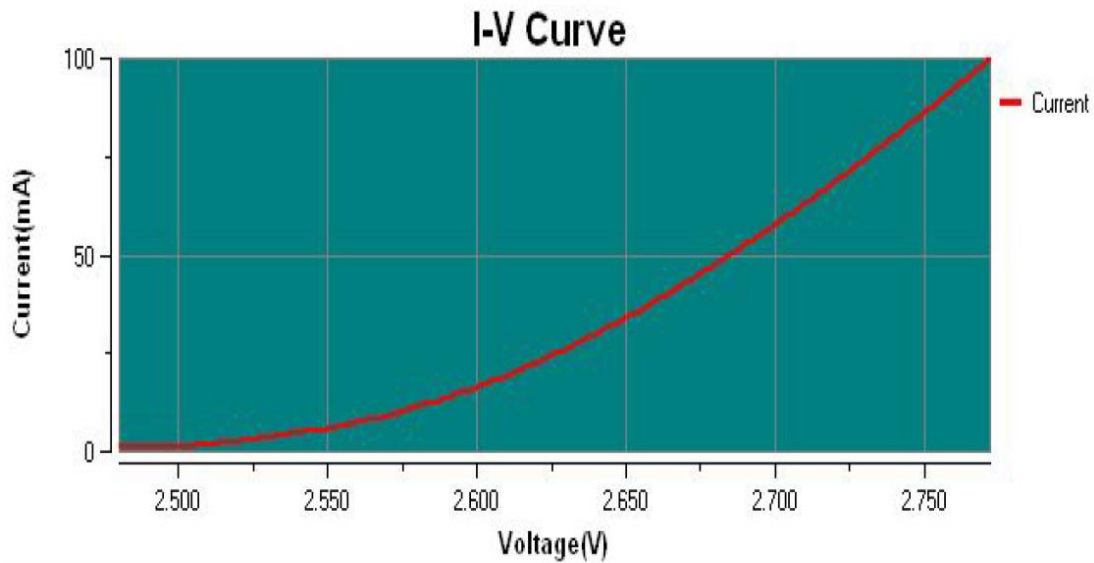


Рис. 3. Температурные зависимости ВАХ исследуемых светодиодов

Из графиков видно, что при увеличении температуры прямое падение напряжения на светодиоде уменьшается. Аналогичные зависимости наблюдаются и для других светодиодов.

Процедура измерения зависимости прямого падения напряжения от температуры состоит из двух этапов: калибровочного измерения прямого напряжения на светодиоде в импульсном режиме и измерения этого напряжения в режиме постоянного тока. Этот принцип положен в основу всех косвенных методов измерения температуры в полупроводниковых приборах. На этапе калибровочных измерений исследуемый светодиод помещался в термостат с регулятором, поэтому температуры светодиода и перехода всегда известны. Температура в термостате изменяется в заданном диапазоне значений: от 20 до 70 °С. В ходе калибровочных измерений на светодиод подаются импульсы напряжения длительностью 1 мс со скважностью 1000, что необходимо для исключения внутреннего разогрева светодиода из-за инжекционного тока. Прямое напряжение измеряем в заданном интервале температур для значений тока от 5 до 50 мА.

Из калибровочных измерений определяем зависимость между прямым напряжением и температурой *p-n*-перехода в заданном интервале токов. Калибровочные кривые для красного светодиода показаны на рис.4. Для остальных светодиодов температурные зависимости имеют аналогичный вид и здесь не показаны.

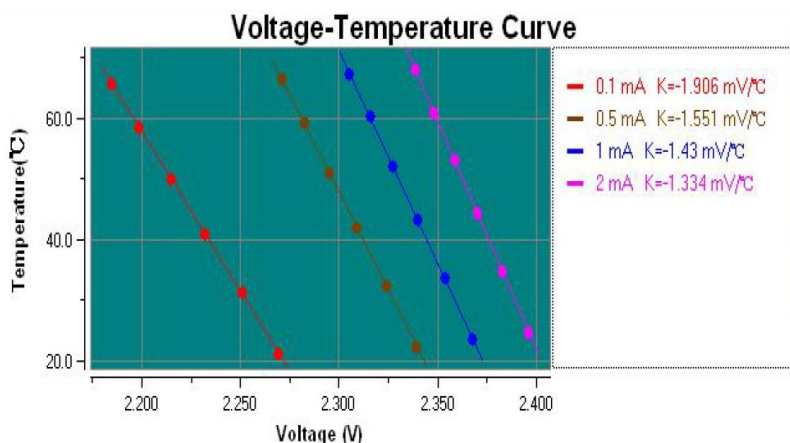


Рис 4. Зависимость прямого напряжения от температуры в термостате (калибровочные кривые)

На втором этапе при комнатной температуре проводились измерения в режиме постоянного тока, изменяющегося в интервале значений от 5 до 50 мА. В моменты стабилизации температуры измеряем прямое падение на светодиоде. На основе результатов этих измерений и результатов калибро-



точных измерений находим зависимость температуры  $p$ - $n$ -перехода при различных значениях прямого тока.

Для исследуемых светодиодов красного и желтого света, графики зависимости  $p$ - $n$ -перехода от теплового сопротивления представлены на рис. 3, а для светодиодов зеленого, синего и фиолетового света на рис. 4.

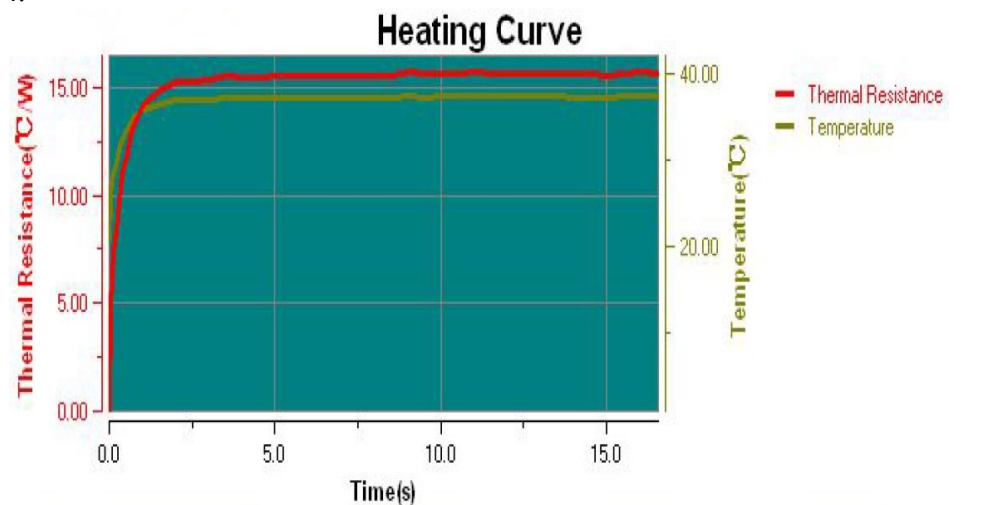


Рис. 5. Зависимость теплового сопротивления светодиода от времени

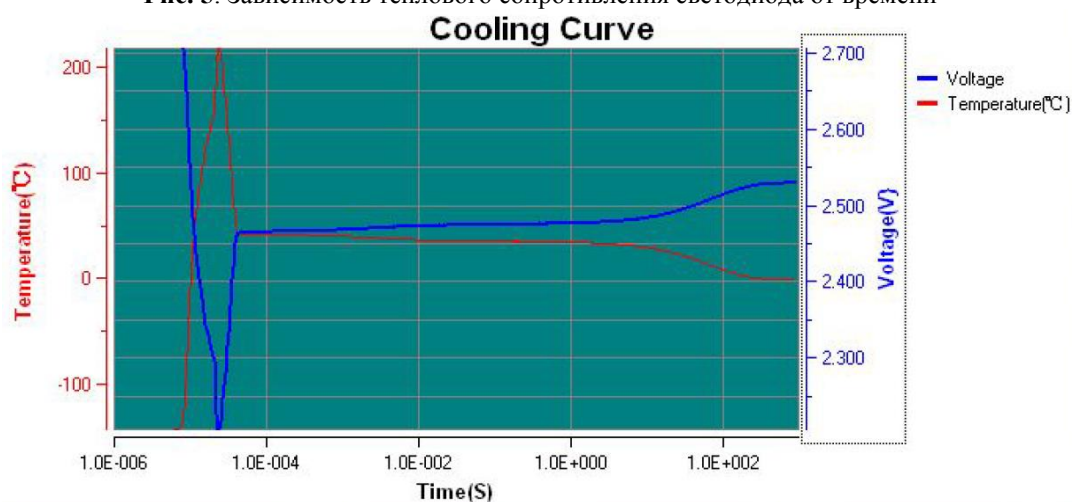


Рис. 6. Кривая охлаждения

Как видно из графиков для синего, зеленого и фиолетового светодиодов при напряжении 2.3 В температура перехода достигает 25.9 °С, а для красного и желтого 90 °С. При рекомендуемых прямых токах 20 мА для этих светодиодов температуры переходов для красного и желтого светодиодов равна 70 °С, а для светодиодов синего, зеленого и фиолетового 80°С. Точность определения температуры ±0.5°С.

### Вывод

Эти результаты следует учитывать при расчетах электрических режимов работы светодиодов, которые будут работать в устройствах при различных температурах окружающей среды. В таких устройствах следует обратить внимание на режимы оконечных каскадов и ключей, электронных схем, нагрузкой, которых являются светодиоды. Выбор оптимальных режимов не должен сказаться на потере излучаемой мощности светодиодов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуберт Ф. Светодиоды / Пер. с англ. под ред. А. Э. Юновича – 2-е издание - М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008, - 496 с.

Серік Н.Ғ., Токмолдин С.Ж.

**HEO 200** стендінде жоғарғы жарықты диод шамдарының p-n ауысу гетероструктурасындағы температураны анықтау

**Түйіндеме.** Қызыл, сары, көк, жасыл және күлгін саулелі жарық диодтарының температуралық параметрлерін анықтауға бағытталған. Вольт-амперлік сипаттамалары өлшеу және температураға байланысты жарық диодының кернеу тәуелділігі көрсетілген.

**Түйін сөздер:** Светодиод, жылу шығару, температура.

Serik N.G., Tokmoldin.S.

**Definition of temperature transition p-n heterostructure High-brightness LEDs on the stand HEO 200**

**Summary.** The work is devoted to the study of the temperature parameters of the LED's of red, yellow, blue, green and violet light in order to determine the heterojunction temperature in the LED structure. Measurements of the current-voltage characteristics of the LED's and the direct voltage drop from the temperature are measured.

**Key words:** LED, cooling system, heat pipe

УДК 656.135.073.

**М.С. Изтелеуова, М.Е. Тагаев**  
(КазАТК имени М.Тынышпаева,  
Алматы, Республика Казахстан)

**ВНЕДРЕНИЕ NFC ТЕХНОЛОГИЙ В РАБОТУ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА**

**Аннотация:** Увеличение контейнерных перевозок по всему миру предъявляет особые требования к работе современного контейнерного терминала. Использование NFC-технологий совместно с технологией контейнерного терминала позволит увеличить годовую пропускную способность терминала, а также обеспечит автоматизацию всего перегрузочного комплекса.

**Ключевые слова:** логистика; контейнерный терминал; железнодорожная станция; цепочка поставок; автоматизация.

**Введение**

В настоящее время в контейнерной сфере выявился список острых проблем, в основном связанных с увеличением линейных размеров судов, тем самым давая цепочку к увеличению размеров не только причальных стенок терминала, но и используемых контейнерных портовых кранов и внедрению крупнотоннажного специализированного оборудования. Вследствие этого, между современными контейнерными терминалами началась гонка за увеличение пропускной способности путем модернизации или же размещения большего количества кранов на причале.

Оставался вопрос касательно обеспечения необходимого уровня обслуживания контейнеров на терминалах. Суть в том, что физический поток контейнеров сопровождается внушительным невидимым информационным потоком. Если же увеличение производительности портовых кранов решили вопрос касательно физического потока, остается открытым вопрос касательно информационно-технологической обработки сопутствующего потока информации.

**Актуальность**

Данная работа является актуальной, ввиду того, что в настоящее время происходит увеличение пропускной способности контейнерных терминалов и в связи с этим необходимо внедрение современной автоматизационной системы для обработки информационного и физического потока контейнерных перегрузок.

**Цель**

Цель данной работы заключается в использовании NFC технологий совместно с технологией контейнерного терминала для обеспечения автоматизированной работы перегрузочного комплекса.

**Основная часть**

Существует множество программных продуктов для автоматизации работы контейнерных терминалов. Значительными минусами данных продукций является ценовая политика и отсутствие гибкости в управлении и изменении данной системы.

Предлагаемый мною вариант использования NFC технологий в работе контейнерного терминала.

NearFieldCommunication – это технология беспроводной высокочастотной связи радиуса действия до 3 см, позволяющая осуществлять бесконтактный обмен данными между мобильными телефонами, системами контроля доступа и прочими устройствами.

В процессе транспортировки, различными видами транспорта, контейнер подвергается механическому воздействию, а также воздействию солнечных лучей и водных осадков. В связи с вышесказанным необходимо использовать ламинированные NFC метки с ферритовым слоем, которые идеально подходят для размещения на металлических поверхностях внутри помещений и имеют высокую износостойкость. Срок эксплуатации 100 000 единиц перекодировки.

Срок эксплуатации морского контейнера, при обычных технических условия, составляет около 15 лет, что в среднем составляет 219,3 контейнерооборотов.

Из расчетов в один контейнерооборот, перекодировка контейнера в данный период составляет 10 перекодировок, тем самым за весь свой эксплуатационный период метка совершает 2193 перекодировок.

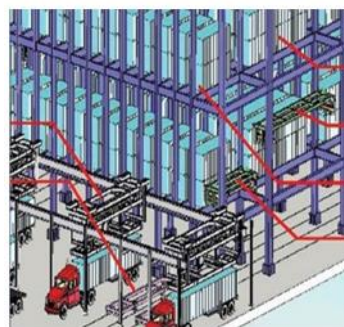
Во всей цепи транспортировки контейнеров от отправителя к получателю наиболее дорогостоящее звено - контейнерный терминал в железнодорожной станции, который стал основным местом формирования грузопотока. В настоящее время около 40% перевозок грузов в контейнерах наземными видами транспорта проходит через терминалы железнодорожных станции, при этом развитие процесса контейнеризации вызывает увеличение капиталовложений в развитие контейнерных терминалов.

Железнодорожные контейнерные терминалы, предназначенные для перегрузки контейнеров стандарта ИСО, выполняют следующие функции:

- погрузку контейнеров на суда и выгрузку их с судов;
- контроль и взвешивание поступающих в порт и выгружаемых с судов контейнеров;
- выбор маршрутов окончательной доставки контейнеров получателям, мест хранения контейнеров и судов для их отгрузки;
- контроль за движением контейнеров в порту;
- снабжение и обслуживание судов;
- техническое обслуживание контейнеров и шасси.

Спецификой данного проекта является автоматическая система транспортирования контейнеров между причальными перегружателями и складом, состоящая из рельсовых тележек для пары контейнеров, передвигающихся в разных уровнях вдоль и перпендикулярно причалу, а также автоматические козловые краны для перестановки контейнеров с одного уровня на другой.

NFC технология внедряется в проектируемую автоматизированную технологическую систему перегрузки и складирования контейнеров OSTOPUS в соответствии с рисунком 1.

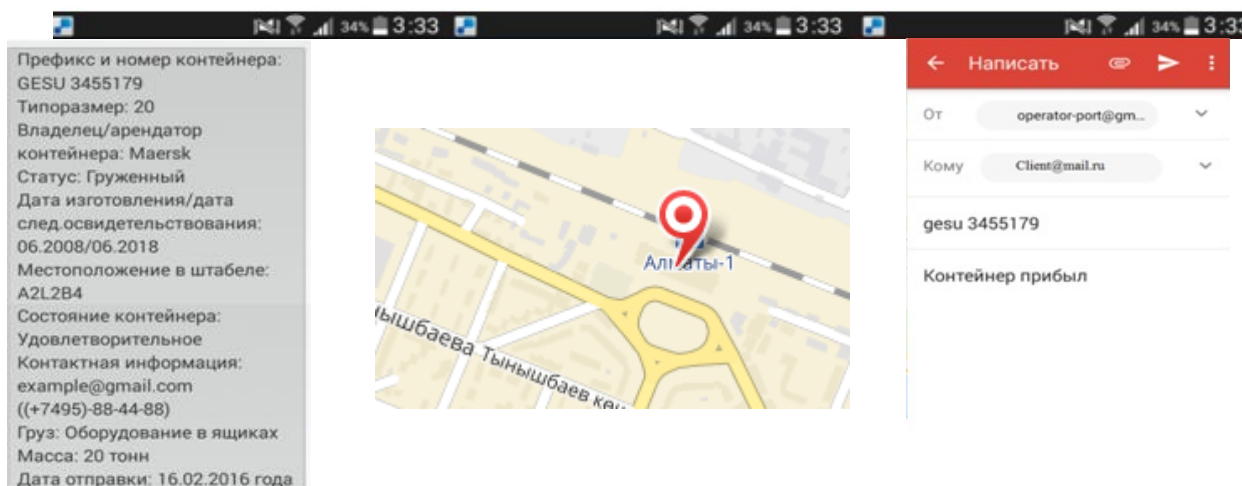


**Рис. 1.** Система перегрузки OSTOPUS с внедрением NFC декодера

Состав автоматизированной технологической системы перегрузки состоит из:

- 1) Специализированный автомобильный спредер;
- 2) Ролл Трейлер;
- 3) Стационарный NFC декодер;
- 4) Ячейка контейнера;
- 5) Спредер на 20-футовый контейнер;
- 6) Спредер на 40 футовый контейнер.

При принятии контейнера в ячейку OSTOPUS'a стационарный декодер автоматически вносит информацию о прибывшем контейнере в базу оператора, с указанием префикса, номера контейнера, вид хранения в зависимости от типа контейнера и фактическое время принятия контейнера терминалом. При этом стационарный декодер передает информацию клиенту о местоположении контейнера и перевозчику о сдаче контейнера терминалу в соответствии с рисунком 2.



**Рис. 2.** Информация, хранимая на NFC метке контейнера

Оператор контейнерного терминала вносит в метку местоположение в штабеле, присваивая определенный код, далее контейнер перегружается в парк в определенно-заданное место.

После перегрузки в контейнерный парк, производится внешний осмотр на наличие технических и коммерческих повреждений. Агент парка декодирует информацию в метку о состоянии контейнера при принятии контейнера от вагона на терминал. При отсутствии технического брака Агент кодирует данную информацию на метку контейнера и передает ее оператору парка контейнеров.

### **Результаты исследования**

Стационарный декодер, расположенный в каждом штабеле позволяет определить визуальное местоположение контейнера. Данная технология позволяет снизить работу всего персонала контейнерного терминала, а также уменьшить время нахождения на территории порта в ожидании таможенного или иного оформления.

Преимущество NFC-технологии.

В таблице 1 представлено сравнение NFC-технологии с другими используемыми беспроводными технологиями на терминалах.

Таблица 1. Сравнительная характеристика

	<b>NFC</b>	<b>RFID</b>	<b>IrDa</b>	<b>Bluetooth</b>
<b>Время соединения</b>	<0,1 мс	<0,1 мс	0,5 сек	6 сек
<b>Радиус действия</b>	До 20 см	До 3 м	До 5 м	До 30 м
<b>Удобство использования</b>	Простота Удобство Интуитивность Быстрота Упор на удобство пользования.	Простота. Упор на информацию о товаре.	Простота. Упор на передаче данных.	Удобство. Упор на передаче данных.
<b>Избирательность</b>	Высокая. Безопасность передачи.	Частичная избирательность	При прямой видимости	-
<b>Варианты использования</b>	Оплата, получение доступа, начало установки и т.д.	Получение информации о товаре	управление и обмен данными	Сеть для обмена данными, гарнитура
<b>Оценка использования</b>	Простота подключения косанием, использования. Универсальность применения.	Трудность записи и однотипности информации.	Удобство передачи.	Необходимость настройки

Можно выделить следующие преимущества:

- Экономия расхода энергии при использовании;
- Время установки соединения 1/10 сек;
- Высокая степень безопасности;
- Более широкими функциональными возможностями;
- Возможность считывания меток RFID;
- Использование смартфона с NFC адаптером для считывания и т.д.;
- Низкая цена составляющих.

### **Заключение**

В соответствии с выше сказанным использование OSTOPUS и NFC с произвольными маршрутами позволяет обеспечить высокую, непрерывную, пропускную способность терминала, уменьшить использование человеческих ресурсов, тем самым увеличивать уровень безопасности и снизить эксплуатационные расходы.

### **ЛИТЕРАТУРА**

- [1] Правдин Н.В., Негрей В.Я. и др. Взаимодействие различных видов транспорта. Минск. «Высшая школа», 1983г
- [2] Пиньковецкий С.У., Шишков В.И., Взаимодействие автомобильного транспорта с другими видами транспорта
- [3] Волгин В.В. Погрузка и разгрузка. – М.: Дашков и Ко, 2007. – 592 с.
- [4] Зинников Л.П. Проектирование контейнерного терминала. – Тверь: Изд-во ТГУ, 2008. – 257 с.

Изтелеуова М.С., Тагаев М.Е.

### **NFC технологиясын контейнер терминалының жұмысына енгізу**

**Түйіндемe:** Мақалада контейнер терминалына автоматтандырылған NFC жүйесін енгізгендегі оның жұмысының оңтайландырылуымен тиімділігі қарастырылған. Ізденіс жүргізу объектісі ретінде Алмаы-1 стансасына жанысып жатқан «КЕДЕНТРАНССЕРВИС» АҚ кірме жолы қарастырылған.

**Кілтті сөздер:** логистика, контейнерлік терминал, жеткізу тізбегі, автоматтандыру.

Izteleuova M.S., Tagaev M.E.

### **Implementation of nfc technologies in the work of the container terminal**

**Summary:** The increase in container traffic worldwide places special demands on the modern container terminal. The use of NFC-technology in conjunction with the container terminal technology will increase the annual capacity of the terminal, as well as provide the automation of the entire cargo complex.

**Key words:** logistics; container terminal; seaports; supply chain.

ELR 622.775

<sup>1</sup>А.А. Абилов, <sup>1</sup>Р.А. Мусаев, <sup>1</sup>Г.А. Мырзабек, <sup>2</sup>М.С. Тунгатарова

(<sup>1</sup>ТОО «Институт высоких технологий»,

<sup>2</sup>КазНУ им. Аль-Фараби,

Алматы, Республика Казахстан)

## **АНАЛИЗ ИЗВЛЕКАЕМОСТИ РУД ПРОБЛЕМНЫХ БЛОКОВ ПРИ ПСВ УРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация:** В статье представлена методика анализа извлекаемости руд при подземном скважинном выщелачивании урана с использованием гидродинамического компьютерного моделирования, которое позволяет:

- рассчитывать значения какого-то показателя или явления на всей исследуемой территории на основе дискретно распределенных данных;

- на основе разных факторов осуществлять комплексную оценку территории для ее пригодности под определенные поставленные задачи;

- оценить динамику развития какого-либо явления и дать качественный прогноз.

**Ключевые слова:** подземное скважинное выщелачивание (ПСВ), моделирование, гидродинамика, блок.

Подземное выщелачивание как промышленный способ добычи урана используется с конца 60-х годов прошлого столетия. Первые опубликованные работы по математическому моделированию процесса ПВ, в точности с использованием ЭВМ, относятся, в основном, к концу 70-х - началу 80-х. Судя по количеству релевантных публикаций, наиболее интенсивно эта тема изучалась в 1985 - 1995 гг. В прошедшие периоды сформировались основные тенденции как в методах моделирования, так и в практике применения инструментов моделирования в процессе производства.

Необходимость совершенствования управления технологическими процессами при добыче урана методом ПСВ диктуется постоянно ухудшающимися горно-технологическими условиями добычи, когда происходит некоторое «удорожание запасов» урана, обусловленное близким истощением давно эксплуатируемых месторождений с наиболее богатыми рудами и благоприятными геотехнологическими условиями их отработки. Добывающие предприятия вынуждены вовлекать в производство более бедные руды, залегающих на больших глубинах, обладающие дополнительными «упорными» свойствами, осложняющими их переработку.

В жестких ценовых условиях нет иного пути по поддержанию рентабельности предприятия, кроме как увеличения эффективности отработки залежей. Подразумевает это, прежде всего, снижение издержек при подготовке и эксплуатации блоков, что может быть выражено в оптимизации расходов на ГПР и при добыче (создание оптимальных схем вскрытия, оптимальное положение фильтров в разрезе, адекватный режим закисления, дебиты и приемистости скважин и т.д., оптимальные ремонтно-восстановительные работы, до- и перебуры скважин, регламенты подачи кислоты, баланс по растворам и т.д.).

В связи с этим эффективное моделирование гидродинамики подземного выщелачивания является актуальной задачей, востребованной в настоящее время многими предприятиями горнодобывающей отрасли во всем мире.

Можно выделить несколько этапов в цикле освоения урановых месторождений, где востребован, в той или иной форме, аппарат математического моделирования. Каждый этап отличает своя специфика решаемых задач, и, соответственно, специфические требования к используемым моделям. Именно, модели используются:

- на ранней стадии освоения месторождения (или отдельного его блока), для оценки интегральных затратных параметров и принятия принципиального решения о целесообразности начала его эксплуатации в данный момент времени;

- на стадии проектирования отработки месторождения (блока), для определения оптимальной конфигурации сети скважин, режима их работы, а также прогноза динамики извлечения полезного компонента;

- непосредственно в процессе отработки месторождения (блока), в составе АСУ процессом ПВ, а также в случае необходимости внесения изменений в параметры отработки из-за возникших дополнительных факторов;

– на стадии подготовки к закрытию производства и консервации рудника, для оценки ареола растекания технологических растворов в недрах и прогноза времени их нейтрализации.

Учитывая определяющую роль гидродинамических характеристик скважинного поля в сравнении с физико-химическими факторами собственно растворения урановых соединений, в исследованиях применяется моделирование гидродинамики и массопереноса для обоснования необходимости модификации схем вскрытия, либо изменения режимов подачи кислоты, либо изменения регламентов по растворам при неравномерном закислении.

Математическое моделирование позволяет рассчитывать значения какого-то показателя или явления на всей исследуемой территории на основе дискретно распределенных данных. Для этого используются различные методы геостатистического анализа, в основе которого лежит интерполяция, экстраполяция аппроксимация данных. Моделирование позволяет на основе разных факторов осуществлять комплексную оценку территории для ее пригодности под определенные поставленные задачи, проводить районирование, ранжирование и кластеризацию. Моделирование на основе разновременных данных позволяет нам оценить динамику развития какого-либо явления и дать качественный прогноз.

На примере технологических блоков 1-5 участка месторождения урана, выбранных для моделирования:

а) проведен анализ данных по основным геотехнологическим параметрам (дебит и приемистость растворов, удельные нормы расхода реагентов, содержание урана в ПР, степень извлечения и т.д.);

б) построены модели гидродинамики;

в) выданы рекомендации по эксплуатации и оптимизации работы технологических блоков 1-5 по результатам гидродинамического моделирования.

Моделирование выщелачивания блоков

Для проведения работ по гидродинамическому моделированию процесса добычи урана методом ПСВ был применен программный модуль GMS (Groundwater Modeling System) версии 3.1. GMS 3.1. построена в виде блочной системы, реализующей основные уравнения гидродинамики и является специализированным пакетом именно для расчетов гидродинамики и массопереноса для экологических целей. В наших построениях были использованы программы Modflow, Modpath – для создания моделей потоков и расчета зон захвата проектируемых откачных скважин.

Для проведения гидродинамического моделирования эксплуатации технологического блоков 1-5 выделены 7 этапов для закисления и добычи и определены средние значения производительности технологических скважин (дебиты и приемистости) согласно выделенным этапам.

На основании литолого-фильтрационных разрезов месторождения определены три фильтрационных слоя (в данной статье рассматривается первый слой) для проведения гидродинамического моделирования в программе GMS версии 3.1 и для каждого уровня определены необходимые характеристики фильтрационных слоев (таблица 1).

Таблица 1. Распределение уровней оруденения и характеристики фильтрационных слоев

№ уровня (слоя)	Разновидность грунтов	Уровень слоя	Горизонт. коэф. фильтрации, м/д	Верт. коэф. фильтрации, м/д	Пористость	Продольная дисперсия	Удельный вес, кг/м <sup>3</sup>	Уровень грунтовых вод
1 рудный	Крупный и средний песок	351 - 365	6	0,6	0,21	8	1700	10
2	Глина	365 -368	0,01	0,01	0,05	2	1700	
3 рудный	Крупный песок	368 -386	10	1	0,25	10	1700	

В виду того, что технологические блоки 1 – 5 сопряженные, моделирование эксплуатации технологических блоков проводилось совместно, т.к. необходимо было учесть фактор взаимного влияния технологических блоков друг на друга.



В качестве исходных данных было использовано:

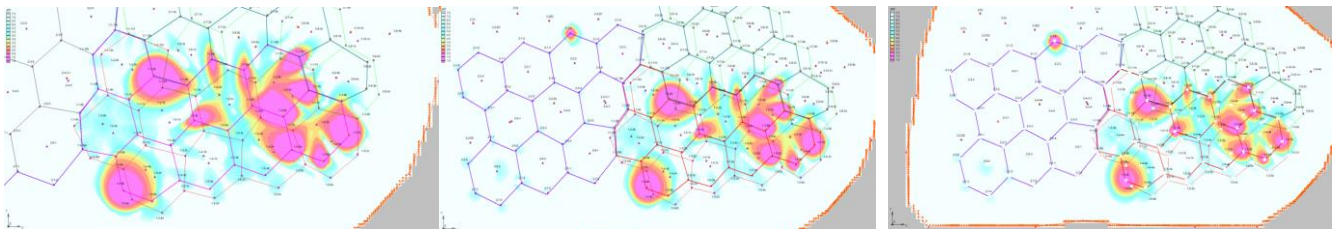
1. Фактические отметки естественного уровня пластовых вод;
2. Местоположение технологических скважин;
3. Фактические значения дебитов/приемистостей технологических скважин, усредненные за все время закисления и добычи;
4. Средняя концентрация кислоты при закислении;
5. Фактическое положение фильтров с точностью 0,1 м;

Вышеуказанных данных достаточно для построения гидродинамической модели, которая определяет распределение кислоты на момент окончания закисления, и дальнейшей эксплуатации.

Моделирование эксплуатации технологического блока проводилось следующим образом:

- a. Была создана база данных по дебитам откачных скважин и приемистостям закачных скважин и по уровням посадки фильтров скважин.
- b. Моделирование проводилось для 3-х выделенных уровней. Для каждого выделенного уровня присваивались коэффициенты фильтрации, в соответствии с литого-фильтрационными характеристиками рудовмещающих пород.
- c. Гидродинамическое моделирование проводилось для всех этапов закисления и выщелачивания. Результатом проведенного гидродинамического моделирования являются линии тока.
- d. На основе уравнения массопереноса и с учетом полученных результатов гидродинамического моделирования получены результаты по изменению pH рабочих растворов в пласте и изменений концентраций урана в рабочих растворах в пласте для всех этапов закисления и выщелачивания.

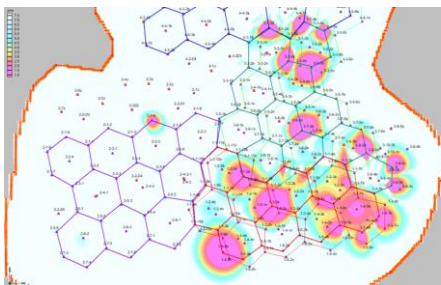
Результаты проведенного моделирования на период закисления и выщелачивания для технологических блоков 1-5 представлены на рисунках 1 – 21.



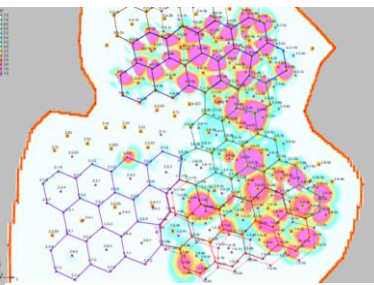
**Рис.1.** pH 1 этап

**Рис. 2.** pH 2 этап

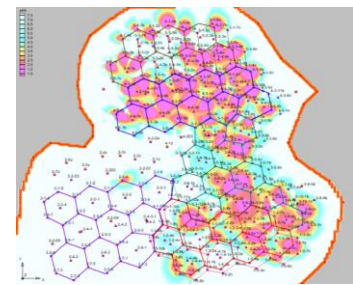
**Рис. 3.** pH 3 этап



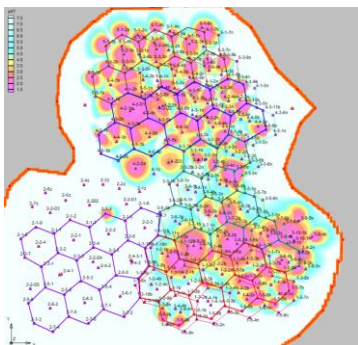
**Рис.4.** pH 4 этап



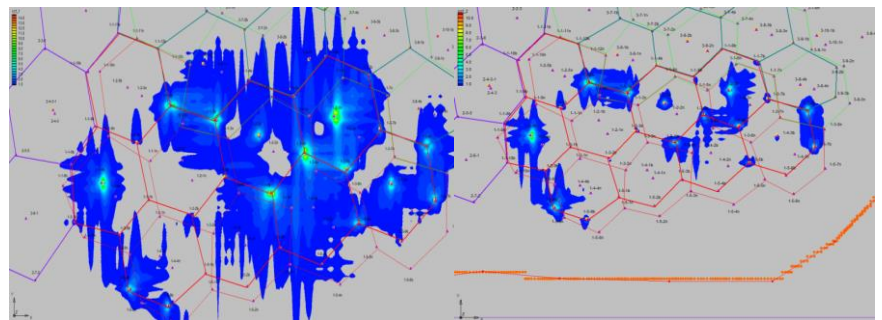
**Рис.5.** pH 5 этап



**Рис.6.** pH 6 этап



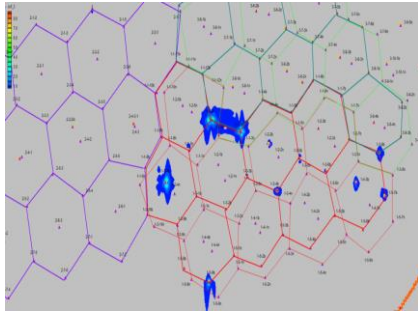
**Рис.7.** pH 7 этап



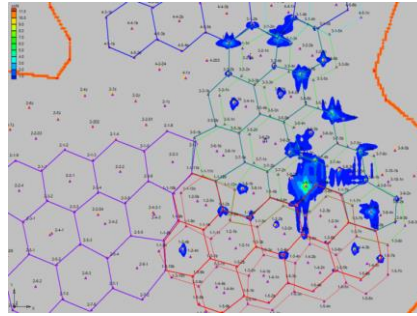
**Рис.8.** Скорость фильтрации 1-го этапа

**Рис. 9.** Скорость фильтрации 2-го этапа

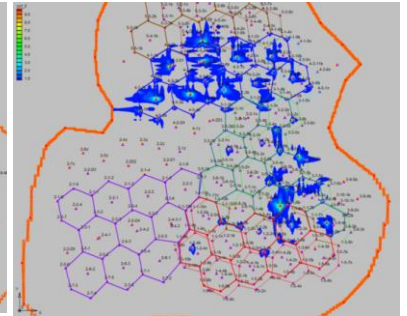




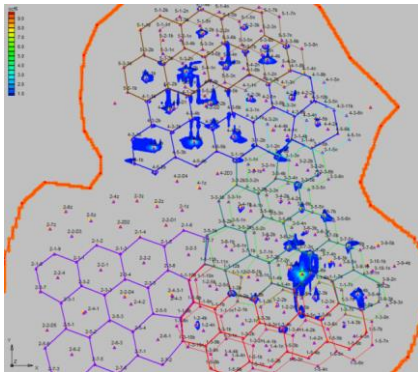
**Рис. 10.** Скорость фильтрации 3-го этапа



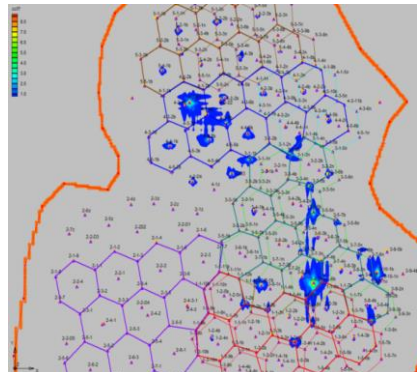
**Рис.11.** Скорость фильтрации 4-го этапа



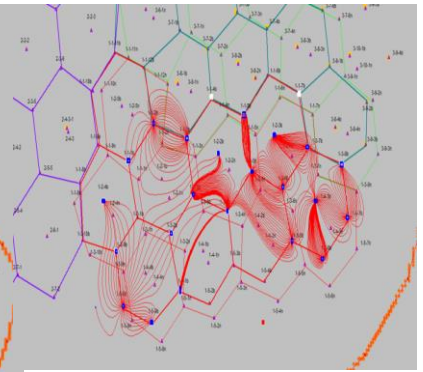
**Рис.12.** Скорость фильтрации 5-го этапа



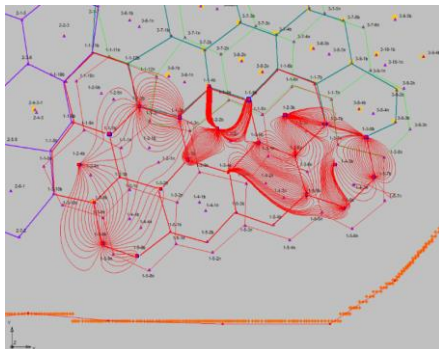
**Рис.13.** Скорость фильтрации 6-го этапа



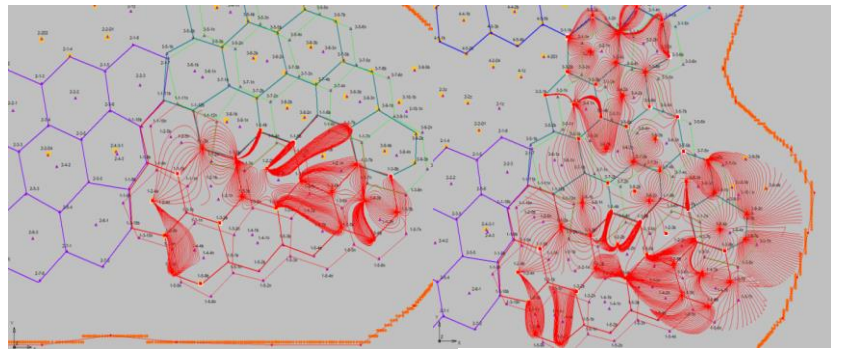
**Рис. 14.** Скорость фильтрации 7-го этапа



**Рис. 15.** Линии тока 1-го этапа

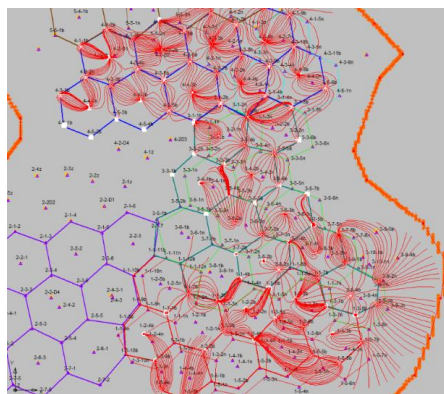


**Рис. 16.** Линии тока 2-го этапа

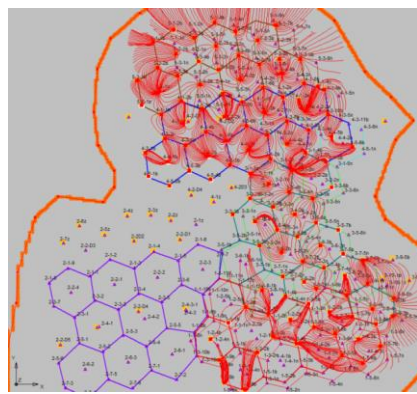


**Рис. 17.** Линии тока 3-го этапа

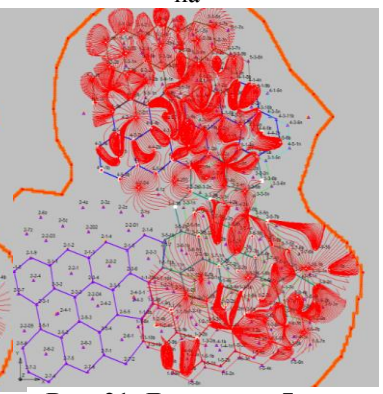
**Рис. 18.** Линии тока 4-го этапа



**Рис. 19.** Линии тока 5-го этапа



**Рис. 20.** Линии тока 6-го этапа



**Рис. 21.** Линии тока 7-го этапа

Выводы по результатам моделирования для блоков 1 – 5.

За первый этап выполнено закисление блока 1, причем нижний рудный горизонт закислен почти полностью, тогда как верхний - весьма неравномерно; ячейки 1-4-1в и 1-2-1в не закислены (рН

откачных не ниже 4-5 к концу этапа), остальные ячейки верхнего рудного горизонта закислены на уровне рН 3-4.

В нижнем рудном горизонте отмечается частичное закисление блока 2 (процесс не доведен до рН 2), в блоке 1 отмечается застойная зона в центральной части ячейки 1-2-4н, а также ряд небольших по площади зон недостаточного закисления в ячейках 1-2-3н, 1-4-3н.

Дальнейшие этапы (3-7), хотя и характеризуются высокой кислотностью ВР при добыче, не приводят к дальнейшему дозакислению верхнего рудного горизонта в блоках 1 и 3; средний рН показатель для каждого из блоков верхнего горизонта не падает ниже 3, хотя отдельные ячейки закислены до уровня ниже 2.

Более полное закисление верхнего горизонта отмечено в блоках 4, 5, верхняя часть блока 4 закислена почти полностью, с отдельными застойными зонами по периферии блока.

Следует отметить и крайне неравномерное распределение скоростей фильтрации по отдельным ячейкам верхнего горизонта во всех блоках (кроме 4-го) и на всех промоделированных этапах.

Рисовка линий тока для верхнего горизонта иллюстрирует значительное растекание растворов в восточном направлении на блоке 1 и недостаток закачки на блоках 3-5. Интересно, что явление недостатка закачки (заметно по резкому сужению «лепестка» линий тока от отдельной закачной скважины) является постоянным для всех этапов; весьма вероятно, что дело в перераспределении растворов в пользу нижнего горизонта за счет верхнего.

Также характерны (например, на этапе 5) влияния работы фильтров закачных скважин нижнего рудного горизонта на откачные верхнего. Такое происходит в случаях смещения ячеек верхнего горизонта относительно нижнего более, чем на 10% радиуса ячейки.

Нижний рудный горизонт в целом закислен и обрабатывается более успешно, нежели верхний, за исключением блока 2, который на всех этапах демонстрирует недозакисленность. При этом на блоке характерны явления каналирования, когда растворы циркулируют в узком (несколько метров) «коридоре» между откачной и закачной скважинами, обычно приуроченном к наиболее коротким линиям тока. В таких случаях основной объем ГРМ ячейки остается недозакисленным, а в канале циркулирует раствор с рН ниже 1.5. В прифильтровой зоне откачной скважины растворы смешиваются, создавая иллюзию правильной кислотности с рН 1,8-2,0.

На поздних этапах велика степень законтурного растекания растворов, например, между блоками 4 и 2. В этом случае причиной является работа фильтров верхнего рудного горизонта на скважинах 4-5-1 в – 4-5-5 в фактически в нижнем горизонте (либо посадка фильтров произведена в гидравлически активную зону нижнего уровня, либо имеет место гравитационное опускание растворов в зону активной фильтрации нижнего рудного горизонта).

Для нижнего горизонта также характерны явления смешивания растворов разных гипсометрических (рудных) уровней, при этом даже в пределах одной ячейки моделируются явления, когда фильтры закачных и откачной скважин активны в разных горизонтах. Так, в ячейке 5-4-1 в откачной фильтр формирует зону активной фильтрации преимущественно в верхнем горизонте, тогда как закачная 5-5-1в работает в нижнем. В результате циркуляция растворов между этими скважинами практически отсутствует, а растворы, сформированные 5-5-1в распределяются через ячейку, в скважины 5-4-1в и 5-2-1в, которые активны в обоих горизонтах. В нижнем горизонте формируются застойные зоны (граница блоков 5 и 4, северная часть блока 5), вызванные перераспределением растворов между уровнями, в пользу – в данном примере – нижнего уровня.

Рисовка степени закисленности рудных горизонтов иллюстрирует наличие множества застойных зон (рН выше 3, желтые и голубые цвета), что вызвано как перераспределением растворов между разноуровневыми рудными горизонтами, так и неравномерностью работы скважин.

Рекомендуется пересмотреть схему вскрытия в сторону сгущения для обработки блоков 1-5.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Подземное выщелачивание полиэлементных руд / Н.П. Лаверов, И.Г. Абдульманов, К.Г. Бровин и др.; Под ред. Н.П. Лаверова. - М.: Издательство Академии горных наук, 1998.

[2] Поезжаев И.П., Карелин В.Г. Геотехнологическое картирование объектов псв: цели, методы, ожидаемые результаты, Актуальные проблемы урановой промышленности: III международная научно-практическая конференция 6-9 июля 2004 г. Сборник докладов. Алматы, 2005.

[3] Я. С. Басов, Основные положения физико-математической модели сернокислотного скважинного подземного выщелачивания/ Москва: МГГРУ, 2005.

[4] Букаты М.Б. Численное моделирование гидрогеохимических в фильтрационном потоке. /Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды. – Томск: Изд-во ТПУ 2001.

[5] Повелицын В.М. Моделирование процесса подземного выщелачивания урановых месторождений. – М.: Атоимздат, 2007.

Абилов А.А., Мусаев Р.А., Мырзабек Г.А., Тунгатарова М.С.

**Гидродинамикалық компьютерлік модельдеу арқылы уранды жерасты шаймалау кезіндегі проблемалы блоктардан кенді бөліп алуды талдау**

**Түйіндемe:** Жерасты шаймалау уранды өндірудің өнеркәсіптік әдісі ретінде 60-жылдардан бері пайдаланып келеді. Өндірістік процестерде модельдеу құралдарын тәжірибеде қолданумен қатар модельдеу әдісінің негізгі бағыты қалыптасты. ЖҰШ әдісімен уранды өндіру технологиялық процестерін басқаруды жетілдірудің қажеттілігі үнемі тау-технологиялық өндіру жағдайының нашарлауына байланысты. Күрделі жағдайда кәсіпорынның тиімділігін ұстап тұру бойынша шоғырларды игеру тиімділігін ұлғайтудан басқа жол жоқ. Өндіру кезіндегі және тау-кен дайындық жұмыстарының шығынын оңтайландыруға әсер етеді, блоктарды даярлау мен эксплуатациялау кезіндегі шығындарды төмендетеді. Осыған байланысты жерасты шаймалаудың тиімді гидродинамикалық модельдеуі қазіргі уақытта элем бойынша көптеген тау-кен өндіру кәсіпорындарында талап етілген өзекті тапсырмалары болып табылады.

**Түйін сөздер:** жерасты шаймалау, модельдеу, гидродинамика, блок.

Abilov A., Musayev R., Myrzabek G., Tungatarova M.

**Analysis of complicated blocks ore recovability at in-situ leaching of uranium using hydrodynamic computer modeling**

**Summary:** Underground leaching as an industrial method of mining uranium has been used since the late 60s of the last century. In the past periods, the main trends were formed both in the modeling methods and in the practice of applying modeling tools in the production process. The need to improve the management of technological processes in the extraction of uranium by the PSV method is dictated by the constantly deteriorating mining and technological conditions of production. In harsh conditions, there is no other way to maintain the profitability of the enterprise, except to increase the efficiency of mining deposits. This implies, first and foremost, a reduction in costs in the preparation and operation of the blocks, which can be expressed in optimizing the cost of GPR and production. In this regard, the effective modeling of the hydrodynamics of underground leaching is an urgent task, now in demand by many mining enterprises around the world.

**Key words:** in-situ leaching, modeling, hydrodynamic, block.

УДК 544.7

**А.Б. Лесбаев<sup>1,2</sup>, С. Манакон<sup>2</sup>, Г.Т. Смагулова<sup>1,2</sup>, С. Ким<sup>2</sup>, Б. Элоуади<sup>3</sup>, Н. Гусеинов<sup>2</sup>, Р. Немкаева<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Институт проблем горения, Алматы, Республика Казахстан,

<sup>2</sup>Казахский Национальный университет им. Аль – Фараби, Алматы, Республика Казахстан,

<sup>3</sup>Universite De La Rochelle, France

Email: [i\\_dos\\_90@mail.ru](mailto:i_dos_90@mail.ru)

## **СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА - Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО ГОРЕНИЯ**

**Аннотация.** Магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) представляет собой оксид железа, имеющий широкий спектр практических применений. Синтез оксида железа и его применение является актуальным направлением современных исследований. Целью данной работы являлось получение наночастиц магнетита при различных соотношениях исходных компонентов и исследование их физико-химических характеристик. Магнитные наночастицы оксида железа были получены методом жидкофазного горения, являющийся простым и эффективным методом синтеза. Были проведены исследования влияния соотношения исходных компонентов - нитрата железа к лимонной кислоте (1: 1, 1: 1,5: 1: 2) на состав и структуру получаемых наночастиц магнетита. Полученные наночастицы магнетита были исследованы XRD-анализом, сканирующей электронной микроскопией, оптическим микроскопом и измерена удельная поверхность методом БЭТ. Средние размеры кристаллитов оксида железа были рассчитаны по формуле Шеррера и составляли - 20 нм для отношения 1:1, 18 нм для 1:1,5 и 13 нм для 1:2, соответственно.

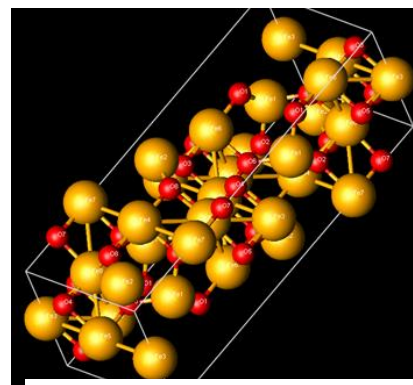


Исследования методом сканирующей электронной микроскопии показали, что изменение соотношения нитрата железа к лимонной кислоте от 1:1 до 1:2 приводит к значительным изменениям в структуре и морфологии наночастиц магнетита, дисперсность продукта увеличивается с увеличением содержания лимонной кислоты.

**Ключевые слова:** оксид железа, наночастицы, метод жидкофазного горения, рентгенофазовый анализ, сканирующий электронный микроскоп.

**Введение**

Наночастицы металлов, в том числе оксид железа – магнетит с формулой  $Fe_3O_4$ , представляет собой оксид, имеющий широкий спектр практических применений в биомедицине, в качестве катализаторов, основы для лекарственных средств, пигментов, флокулянтов, покрытий, газовых датчиков, солнечных элементов, ионообменников, композиционных материалов на основе полимеров и т.д. [1-5]. Структура кристалла  $Fe_3O_4$  показана на рисунке 1. Наиболее распространенными методами синтеза наночастиц оксидов металлов, включая оксид железа, являются: химический метод жидкофазного осаждения, гидротермальный метод, микроволновый синтез, золь-гель-технология и жидкофазное горение, для получения высококачественных магнитных оксидных наночастиц [6-8]. Основные свойства магнетита  $Fe_3O_4$  представлены в таблице 1 [9].



**Рис. 1.** Кристаллическая структура  $Fe_3O_4$

**Таблица 1. [9]. Основные свойства магнетита  $Fe_3O_4$**

свойство	величина	подробности
Формула	$Fe_3O_4$	
Единицы формулы /элементарная ячейка	$z = 8$	
Ширина запрещенной зоны	0.1 эВ	Почти полупроводник
Температура испарения	2623 °C	
Козрцивность (наноразмер)	0	Суперпарамагнитный
Цвет(наноразмер)	Черный	растворы наночастиц магнетита имеют черный цвет
Проводимость	$10^2-10^3 \Omega/cm$	металлический
Температура Кюри (наноразмер)	738 К	Более высокая доля поверхностных спинов в наночастицах увеличивает дипольную анизотропию
Density Плотность	5.18 г/сс	
Магнитные свойства (наноразмер)	Суперпарамагнитный	
Температура плавления (наноразмер)	<1583 °C	Из-за обратной зависимости между температурой плавления и диаметром частиц, как указано Паулоу, необходимые переменные недоступны для вычисления точки плавления наночастиц
Удельная поверхность (основная шкала)	$6 m^2/g$	Для частицы диаметром 200 нм
Удельная поверхность (наноразмер)	$100 m^2/g$	Для частицы диаметром 50 нм

Среди различных методов синтеза наночастиц оксидов металлов метод жидкофазного горения отличается высокой эффективностью и возможностью получения наночастиц оксидов металлов размером от 10 нм и более, которые могут показали высокую каталитическую активность в процессе синтеза углеродных нанотрубок [10].

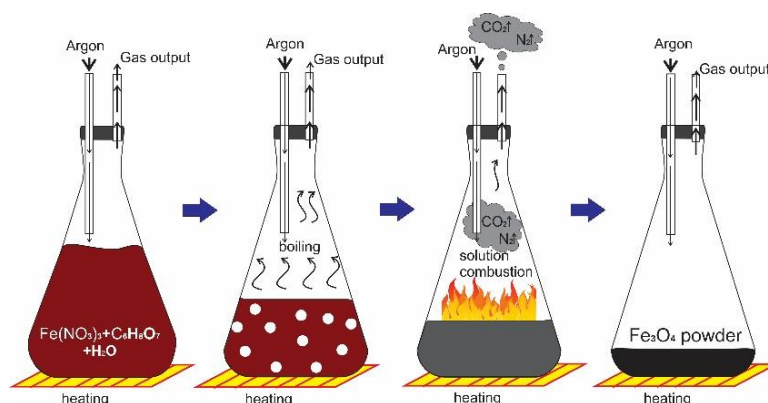
**2. Экспериментальная часть**

Магнитные наночастицы оксида железа были получены методом жидкофазного горения при различных соотношениях горючего к окислителю. Топливо играет важную роль в процессе формирования кристаллической структуры и размера наночастиц. В данной работе в качестве топлива была

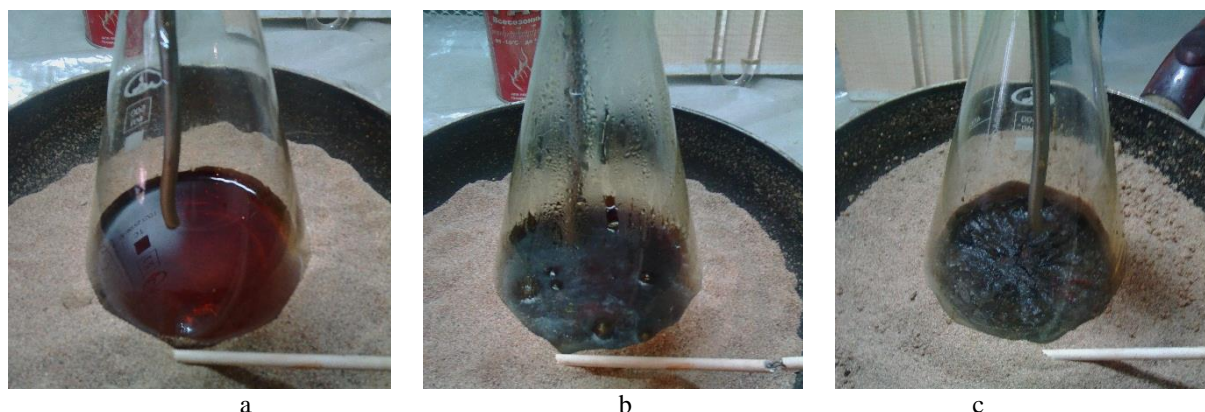
использована лимонная кислота, ввиду ее не токсичности и низкой стоимости. Варьирование соотношения топлива к окислителю изменяет pH исходного раствора и качественно влияет на дисперсность конечного продукта. В качестве исходных компонентов были использованы нитрат железа ( $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$ ) и лимонная кислота ( $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ ) аналитической чистоты, без дальнейшей очистки. Соотношение нитрата металла к лимонной кислоте составляло 1:1, 1:1,5 и 1:2. Химическое взаимодействие лимонной кислоты и нитрата железа протекает в соответствии с реакцией:



Массовое соотношение исходных реагентов также рассчитывается по данной реакции. В каждом случае рассчитанное количество  $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$  и  $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  исходя из молярного соотношения 1:1, 1:1,5 и 1:2 растворяли в дистиллированной воде и перемешивали в течение 20 мин. Полученный гомогенный раствор помещали в плоскую колбу, которая была закрыта резиновой пробкой с двумя патрубками - первый использовался для подачи аргона, второй служил выходом для отходящих газов. Закрытую колбу продували аргоном для удаления воздуха, так как проведение синтеза в атмосфере воздуха приводит к образованию оксида железа с формулой  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ . Инертная среда аргона необходима для сохранения свойств конечного продукта, так как оксид железа  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  является химически активным и легко вступает в реакцию с кислородом воздуха. После этого колбу нагревали до температуры 390 °С, при температуре 150 °С (для соотношения 1:1) и при температуре 190 °С (для соотношений 1:1,5 и 1:2) наблюдалось интенсивное кипение раствора, в результате чего удаляется растворитель в виде паров воды. После испарения большей части воды и достижения критического объема раствора, протекает процесс самовозгорания раствора с образованием конечного продукта в виде черного ультрадисперсного порошка. Схема процесса и фотографии основных этапов синтеза представлены на рисунках 2 и 3.



**Рис. 2.** Схема процесса получения наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  методом жидкофазного горения



**Рис. 3.** Фотографии последовательных стадий процесса синтеза наночастиц  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  методом жидкофазного горения: а) исходный раствор; б) процесс кипения; в) образование конечного продукта (порошок  $\text{Fe}_3\text{O}_4$ )

Полученный продукт был исследован различными физико-химическими методами анализа: рентгенофазовый анализ, сканирующая электронная микроскопия, рентгеноструктурный анализ и оптическая электронная микроскопия.

**Методы исследования**

*Сканирующая электронная микроскопия*

Поверхностную структуру и морфологию полученных наночастиц оксида железа определяли с помощью сканирующего электронного микроскопа марки Quanta 200i 3D (FEI, США) с ускоряющим напряжением 30 кВ (Лаборатория нанотехнологий открытого типа Казахского национального университета имени аль-Фараби, Алматы, Казахстан).

*Рентгеноспектральный анализ*

Полученные материалы были изучены на многоцелевом рентгеновском дифрактометре DRON-4М с системой управления и записи на базе IBM PC в цифровой форме с использованием медного излучения. Этот метод был использован для определения параметров кристаллической решетки и проведения качественного и количественного фазового анализа полученных веществ. Использовались следующие настройки съемки: напряжение рентгеновской трубки до 30 кВ, ток трубки 30 мА, ступенчатое движение гониометра  $0.05^\circ 2\theta$  при измерении интенсивности точки - до 1,0. Скорость вращения образца в собственной плоскости - 60 об/мин. Обработка рентгенограмм для определения углового положения и интенсивности отражения осуществлялась программой «Fpeak». Для фазового анализа использовалась программа «PCPDFWIN» с дифрактометрической базой PDF-2. Полученные спектры были идентифицированы с использованием базы данных рентгеновских лучей JCPDS.

**Результаты и обсуждение**

Кристаллическая структура наночастиц магнетита, полученных методом жидкофазного горения с различным содержанием лимонной кислоты, исследованы с помощью XRD анализа. На рис. 4 показаны рентгеновские дифрактограммы для наномангнетита при различном соотношении лимонной кислоты и нитрата железа - 1:1; 1:1,5; 1:2.

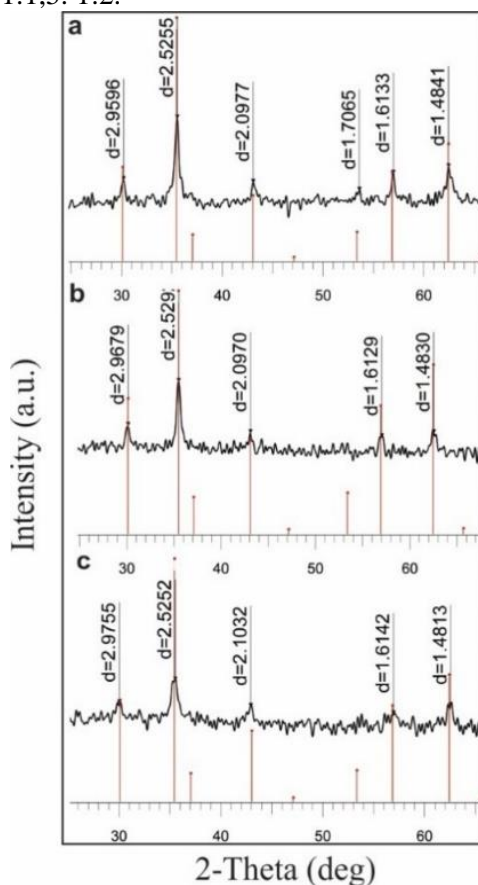


Рис. 4. XRD анализ образцов при разных соотношениях лимонной кислоты и нитрата железа: а) 1:1; б) 1:1,5; в) 1:2

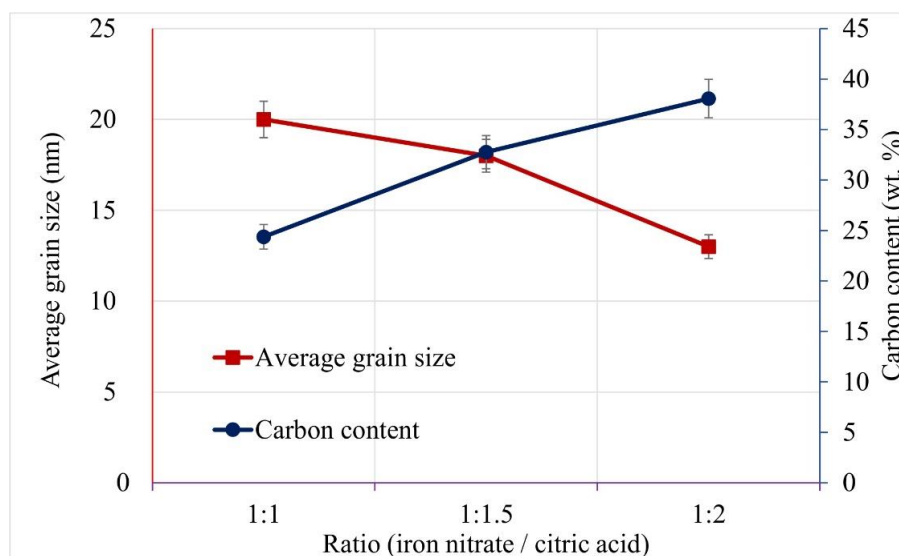


Результаты XRD показывают, что все три образца оксидов железа имеют формулу -  $Fe_3O_4$  в соответствии с соотношением пиков с эталонным веществом. Размер кристаллитов оксида железа был найден по формуле Шеррера [11, 12]:

$$D_{XRD} = \frac{K \lambda}{\beta \cos \theta}, \quad (2)$$

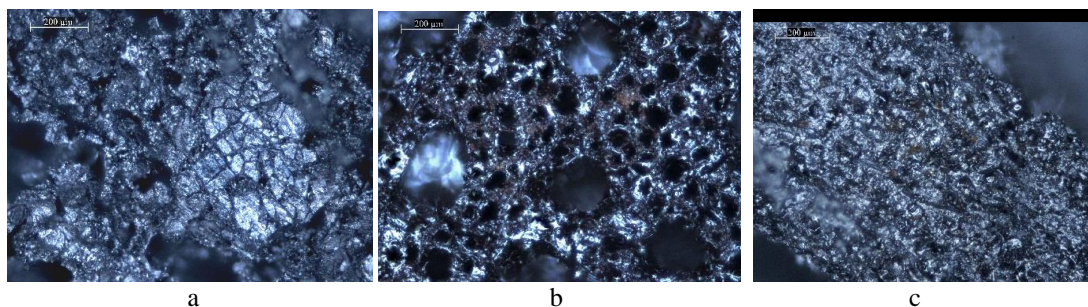
где  $D_{XRD}$  - средний размер упорядоченных (кристаллических) доменов, который может быть меньше или равен размеру зерна;  $K$  - безразмерный коэффициент формы со значением, близким к единице (коэффициент формы имеет типичное значение около 0,9, но изменяется с фактической формой кристаллита);  $\lambda$  - длина волны рентгеновского излучения;  $\beta$  - уширение линии в половине максимальной интенсивности после вычитания уширения инструментальной линии в радианах (эта величина иногда также обозначается как  $\Delta(2\theta)$ );  $\theta$  - угол Брэгга (в градусах). Средний размер частиц наночастиц  $Fe_3O_4$ , выведенный по формуле Шеррера, представлен на рисунке 5. Изменение соотношения исходных компонентов (нитрата железа и лимонной кислоты) и условий синтеза приводит к значительному изменению структуры и состава конечного продукта. Был проведен элементный анализ образцов оксида железа при всех трех соотношениях (1:1, 1:1,5, 1:2). На рисунке 5 представлены данные по содержанию углерода в конечном продукте в зависимости от соотношения исходной смеси.

Как видно из рисунка 5, увеличение содержания лимонной кислоты приводит к увеличению содержания углерода в конечном продукте. При стехиометрическом соотношении (1:1) содержание углерода составляет 24,37 %, при отношении 1:1,5 - 32,7 % и 1:2 - 38,06 %, соответственно. Образование углерода объясняется тем, что синтез проводился в инертной атмосфере, а количество атомов кислорода недостаточно для полного окисления образующихся атомов углерода, что приводит к присутствию углерода в конечном продукте в виде аморфной фазы. Расчет средних размеров кристаллитов  $Fe_3O_4$  по формуле Шеррера показал, что для соотношения 1:1 размер кристаллитов составляет 20 нм, для 1:1,5 - 18 нм, для 1:2 - 13 нм. Уменьшение размеров кристаллитов объясняется тем, что добавление лимонной кислоты выше стехиометрического соотношения приводит к образованию большего количества газов в ходе реакции, что приводит к увеличению дисперсности конечного продукта, а размеры кристаллитов уменьшаются.



**Рис. 5.** Содержание углерода и средний размер кристаллитов  $Fe_3O_4$ , полученных методом жидкофазного горения при различных соотношениях нитрата железа к лимонной кислоте

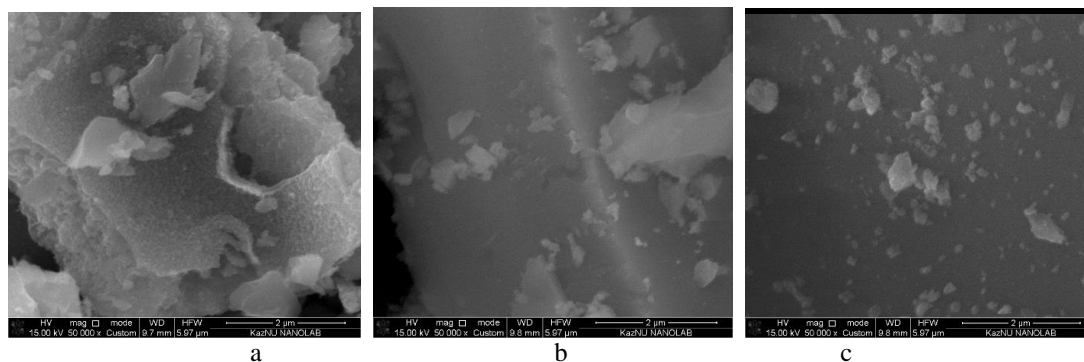
На рисунке 6 показаны изображения, полученные на оптическом микроскопе (Leica DM 6000 M),  $Fe_3O_4$  при различных соотношениях нитрата железа к лимонной кислоте.



**Рис. 6.** Изображения оптического микроскопа наночастиц магнетита  $Fe_3O_4$ , полученных с помощью жидкофазного горения при различных соотношениях нитрата железа к лимонной кислоте а) 1:1; б) 1:1,5; в) 1:2

Как показывают изображения оптического микроскопа, конечный продукт представляет собой наноструктурированный материал черного цвета и характерным металлическим блеском. Объемный материал имеет многочисленные поры и каналы, сформированных в следствие выделения большого количества газообразных продуктов, выделяющихся в результате реакции между нитратом железа и лимонной кислотой.

На рисунке 6 показаны изображения сканирующего электронного микроскопа наночастиц магнетита  $Fe_3O_4$  при различных соотношениях нитрата железа к лимонной кислоте.



**Рис. 7.** Изображения СЭМ магнетита- $Fe_3O_4$ , полученных методом жидкофазного горения при различных соотношениях нитрата железа к лимонной кислоте а) 1:1; б) 1:1,5; в) 1:2.

Как видно на изображениях СЭМ, изменение соотношения нитрата железа к лимонной кислоте от 1:1 до 1:2 приводит к значительным изменениям морфологии и дисперсности конечного продукта, с увеличением содержания лимонной кислоты размер наночастиц уменьшается, а при соотношении 1:2 не наблюдается присутствие больших агломератов.

#### Выводы

В данной работе были получены наночастицы магнетита методом жидкофазного горения. Установлено, что на структуру полученных наночастиц влияет соотношение горючего к окислителю. Проведен анализ трех соотношений нитрата железа к лимонной кислоты (1:1, 1:1,5 и 1:2). Кристаллическая структура, морфология и удельная поверхность образцов были исследованы с использованием рентгенофазового анализа, СЭМ, оптического микроскопа и метода анализа БЭТ. Рентгенофазовый анализ показал, что соотношение исходного компонента играет важную роль в синтезе наночастиц магнетита- $Fe_3O_4$ . Структуру и морфологию визуализировали с использованием оптического микроскопа и сканирующего электронного микроскопа. Анализ XRD показал, что средний размер зерна  $Fe_3O_4$  для соотношения 1:1 составляет 20 нм, для 1:1,5 - 18 нм, для 1:2 - 13 нм.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Shenghua Lv, Linlin Zhu, Ying Li, Chunmao Jia and Shiyu Sun. The Adsorption Capacity of GONs/CMC/ $Fe_3O_4$  Magnetic Composite Microspheres and Applications for Purifying Dye Wastewater // Materials 2017, 10(1), 58; doi:10.3390/ma10010058.

- [2] Mohapatra M., Anand S. Synthesis and applications of nano-structured iron oxides/hydroxides – a review // International Journal of Engineering, Science and Technology Vol. 2, No. 8, 2010, pp. 127-146 <http://dx.doi.org/10.4314/ijest.v2i8.63846>
- [3] Manakov, S. M.; Dikhanbaev, K. K.; Aueylkhanqyzy, M.; Taurbayev, T. I.; Mansurov, Z. A.; Lesbayev, A. B.; Sagidolda, Y., Light Trapping Enhancement in Gallium Arsenide Solar Cells, Journal of Nanoelectronics and Optoelectronics, Volume 9, Number 4, August 2014, pp. 511-514(4) DOI: <https://doi.org/10.1166/jno.2014.1626>
- [4] Bo Li, Huitao Fan, Qiang Zhao and Congcong Wang. Synthesis, Characterization and Cytotoxicity of Novel Multifunctional Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>@SiO<sub>2</sub>@GdVO<sub>4</sub>:Dy<sup>3+</sup> Core-Shell Nanocomposite as a Drug Carrier // Materials 2016, 9(3), 149; doi:10.3390/ma9030149.
- [5] Lesbayev A., Prikhodko, N., Smagulova, G., Lesbayev, B.T., Nazhipkyzy, M., Ustayeva G.S., Elouadi B., Mansurov, Z. Application of Magnetite Nanoparticles for Synthesis of Carbon Nanotubes by The CVD Method //Carbon 2017 abstract book, p. 21.
- [6] Deyang Chen and Yuying Meng. Synthesis of Magnetic Oxide Nanoparticles for Biomedical Applications // Global Journal of Nanomedicine 2(3) 2017. 555588.
- [7] Lesbayev A.B., Elouadi B., Lesbayev B.T., Manakov S.M., Smagulova G.T., Prikhodko N.G., Obtaining of magnetic polymeric fibers with additives of magnetite nanoparticle Procedia Manufacturing 12 ( 2017 ) 28 – 32 doi: 10.1016/j.promfg.2017.08.005
- [8] Ghazanfari M.R., Kashefi M., Shams S., Jaafari M.R., Perspective of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> Nanoparticles Role in Biomedical Applications // Biochemistry Research International Volume 2016, Article ID 7840161, 32 pages <http://dx.doi.org/10.1155/2016/7840161>
- [9] Lee Blaney. Magnetite (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>): Properties, Synthesis, and Applications // (2007). Volume 15 - 2007. Paper 5. <http://preserve.lehigh.edu/cas-lehighreview-vol-15/5>
- [10] Smagulova G.T., Kim S., Prikhod'ko N.G., Lesbayev B.T., Mironenko A.V., Zakhidov A.A., Mansurov Z.A. Smart Electroconductive Textile by Catalytic Deposition of Carbon Nanotubes onto Glass Cloth // International Journal of Self-Propagating High-Temperature Synthesis, 2016, Vol. 25, No. 3, pp. 173–176.
- [11] Patterson, A. (1939). "The Scherrer Formula for X-Ray Particle Size Determination". Phys. Rev. 56 (10): 978–982
- [12] B. Akbari, M. Pirhadi Tavandashiti, and M. Zandrahim., Particle size characterization of nanoparticles – a practical approach // Iranian Journal of Materials Science & Engineering Vol. 8, Number 2, Spring 2011. – P. 48-56.

Лесбаев А.Б., Манаков С., Смагулова Г.Т., Ким С., Элоуади Б., Гусейнов Н., Немкаева Р.

#### **Сұық күй жану тәсілімен синтезделген магнетит - Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> нанобөлшектерін зерттеу**

**Түйіндеме.** Магнетит (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) қолданудың кең спекторы бар темір оксиді, болып табылады. Темір оксидін синтездеу және қолдану қазіргі заманғы зерттеулердің өзекті мәселесі. Жұмыстың мақсаты магнетит нанобөлшектерін бастапқы компоненттерінің әртүрлі көлемінде алу және физикалық-химиялық сипаттамаларды зерттеу. Магнетиттік нанобөлшектер сұық күй жану әдісімен алынған, бұл қарапайым және тиімді әдіс. Бастапқы компоненттерінің әртүрлі көлемінде темір нитраты және лимон қышқылының (1: 1, 1: 1,5: 1: 2) әсері алынған өнімнің құрамы мен структурасына әсері зерттелді. Алынған магнетит нанобөлшектерін XRD-анализ, электронды микроскопты сканерлеу, оптикалық микроскоп және БЭТ әдісімен зерттелген. Шеррер формуласы бойынша магнетит кристалитінің орташа мөлшері анықталды - 20 нм 1: 1, 18 нм үшін 1: 1,5 және 13 нм үшін 1: 2 қатысты. Сканирлеуші микроскоп әдісімен зерттеулер көрсеткендей бастапқы компоненттерінің әртүрлі көлемінде темір нитраты және лимон қышқылының әсері алынған өнімнің құрамы мен структурасына салмақты.

**Түйінді сөздер:** темір оксиді, нанобөлшектер, сұық күй жану тәсілімен синтез, рентгендік спектральды талдау, электронды микроскопты сканерлеу

Lesbayev A.B., Manakov S., Smagulova G.T., Kim S., Elouadi B., Guseinov N., Nemkaeva R.

#### **Synthesis and Investigation of Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-Magnetite Nanoparticles Obtained by Solution Combustion Method**

**Summary:** Iron oxide (Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>) is an oxide, which has found many practical applications. Obtaining of iron oxides and their application are the actual direction of investigation. The aim of the work is obtaining of iron oxide nanoparticles and studying their physico-chemical characteristics. The iron oxide magnetic nanoparticles were prepared by using a solution combustion synthesis. The effect of ratio of iron nitrate to citric acid (1:1; 1:1.5: 1:2) on the structure has been studied. Obtained iron oxide nanoparticles was characterized by XRD, SEM and optical microscope. The average size of iron oxide crystallites was found by Scherrer's formula and it was 20 nm for the ratio 1:1, 18 nm for 1:1.5, 13 nm for 1:2, respectively. Investigation by scanning electron microscopy showed that the change in the ratio of iron nitrate to citric acid from 1:1 to 1:2 results in considerable change in morphology, dispersity of the product increases with the increase in the content of citric acid and the size of agglomerates decrease.

**Keywords:** iron oxide, nanoparticles, solution combustion synthesis, X-ray spectral analysis, scanning electron microscope.

УДК 621.3

**<sup>1</sup>Г.Б. Кашаганова, <sup>2</sup>В. Вуйцик, <sup>3,4</sup>А.У. Калижанова, <sup>3,4</sup>А.Х. Козбакова**

(<sup>1</sup>Казахско-Американский университет, Алматы, Республика Казахстан

<sup>2</sup> Люблинский технический университет, Люблин, Польша

<sup>3</sup>Институт информационных и вычислительных технологий КН МОН РК,

<sup>4</sup>Алматинский университет энергетики и связи,

Алматы, Республика Казахстан,

guljan\_k70@mail.ru)

## **ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ**

**Аннотация.** Рассмотрены волоконно-оптические датчики. Отражены преимущества волоконно-оптических датчиков перед электронными датчиками. Приведены виды, области их применения и принципы действия.

**Ключевые слова:** оптическое волокно, волоконно-оптические датчики, волоконные решетки Брэгга, измерительные системы.

Развитие волоконно-оптических технологий и их внедрение в различные отрасли промышленности, науки и техники, открывают широкие перспективы их применения.

Использование оптических волокон в информационно-измерительных системах приобрел новый уровень развития. Появились новые требования к информационно-измерительным системам такие, как точностные характеристики, возможность стабильной работы при длительной эксплуатации, помехозащищенности и защите от внешнего воздействия и агрессивных сред.

В настоящее время альтернативой электронным измерительным системам является использование волоконно-оптических систем измерения, где измеряемый параметр преобразуется в оптический сигнал, передающийся по оптического волокну. Преимущества оптического волокна дают возможность использования их в качестве чувствительных элементов в информационно-измерительных системах для измерения физических, химических и других величин.

По сравнению с традиционными электрическими датчиками, волоконно-оптические датчики имеют следующие преимущества:

- высокую точность и надежность измерений;
- низкую себестоимость при массовом производстве;
- высокую чувствительность;
- высокую коррозионную стойкость;
- высокую помехозащищенность;
- безиндукционность;
- механическую прочность;
- малый вес и размер;
- пожаробезопасность и взрывобезопасность.

Волоконно-оптический датчик (ВОД) – это средство измерений, состоящее из измерительного преобразователя, преобразующего измеряемую физическую величину в какой-либо параметр оптического сигнала, передаваемого по оптическому волокну, соединенного волоконно-оптической линией связи с устройством преобразования и обработки оптических сигналов.

Волоконно-оптические датчики представляют собой фрагмент оптического волокна, подвергнутый определенной модификации. Область применения оптических волокон в измерительных системах можно разбить на три группы:

1. световоды для освещения при дистанционном наблюдении и в труднодоступных местах;
2. системы обзора, такие как эндоскопы, экраны и увеличители;
3. сенсоры, использующие само оптическое волокно или небольшие дополнительные компоненты.

Волоконно-оптические датчики позволяют измерять физические параметры, например такие, как: давление, температура, расстояние, положение в пространстве, уровень жидкости, коэффициент преломления, концентрацию газа, воды и различных жидкостей, дозу радиационного излучения и деформацию.

Волоконно-оптические датчики можно разделить на три типа:

- точечные;
- распределенные;
- квазираспределенные.

Точечные датчики позволяют проводить измерения и контролировать параметры в одной локальной точке объекта. Точечные датчики с высокой точностью определяют такие параметры объекта, как температура, давление, скорость вращения.

Распределенные датчики осуществляют непрерывный контроль параметров по длине объекта в любой его точке. Эти датчики могут быть использованы для контроля больших территорий в качестве датчиков радиации и температуры.

Квазираспределенные датчики представляют собой массив точечных сенсорных элементов, как правило, на основе внутриволоконных решеток, объединенных одним общим волокном. Квазираспределенные датчики объединяют преимущества первых двух типов датчиков.

Из первых типов датчиков можно создать квазираспределенные волоконные датчики. В оптическое волокно встраивается ряд дискретных точечных чувствительных элементов, в которых под действием внешних воздействий происходит изменение интенсивности, фазы или спектра излучения.

Волоконно-оптические датчики температуры делятся на два типа. Первый тип - ВОД температуры представляет собой оптическое волокно с внешним чувствительным элементом (ЧЭ), который преобразует сигнал, идущий от источника излучения к приемнику, под действием изменения температуры. В этом случае оптическое волокно выполняет функцию оптического канала для передачи данных между источником и приемником, т.е. волокном.

Второй тип – само оптическое волокно является ЧЭ, при этом температура воздействует на оптическое волокно, которое оказывает влияние на сигнал [1].

Существуют следующие классификации ВОД температуры:

- датчики на основе интерферометра Фабри-Перо;
- датчики на основе интерферометров Маха-Цендера и Майкельсона;
- дифракционные датчики;
- датчики температуры с полупроводниковым чувствительным элементом;
- волоконно-оптические датчики температуры на основе волоконных решеток Брэгга.

Датчики на основе интерферометра Фабри-Перо изготовлены с использованием технологии интегральных схем. Обычно габаритный размер датчика составляет  $0,5 \times 0,5 \times 0,2$  мм. В интерферометрических датчиках может использоваться один фотодиод, как считыватель уровня сигналов, но эффективность датчика будет ограничена. Например, в приборах с интерферометром Фабри-Перо с высокой добротностью. Наиболее точная система считывания может быть изготовлена на основе сотен фотодиодов и дисперсионной оптики, обеспечивающая подавление шумов и линейность режима при многих циклах смещения интерферометра. В одномодовых датчиках Фабри-Перо, как правило, применяются лазерные источники, интерферометр может находиться внутри самого волокна. Лазерный источник делает возможным миниатюризацию и разнообразие в конструктивном выполнении, невозможную в случае многомодовых интерферометрических датчиков, однако, в целом одномодовые системы конструировать сложнее. В оптоволокне располагаются зеркала в виде тонких пленок напыления или используется френелевское отражение. Мномодовые волоконно-оптические измерители на основе интерферометра имеют меньшую чувствительность, по сравнению с одномодовыми ВОД.

Датчики на основе интерферометров Маха-Цендера и Майкельсона. Интерферометрические датчики являются самыми точными и чувствительными, благодаря свойствам оптического сигнала, на который не действуют электромагнитные помехи.

Фазовые сдвиги вызваны изменением длины пути одного из плеч интерферометра относительно другого, такой принцип измерения смещений, деформаций или изменения показателя преломления, вызванных флуктуациями температуры, является одним из самых точных. Конструкция датчика должна быть такой, чтобы измеряемый параметр вызывал изменение длины прохождения оптического пути луча. Эти фазовые сдвиги измеряются интерференционным методом с помощью интерферометра любого типа. Чувствительный элемент может располагаться на некоторой подложке в виде оптического волновода. Наиболее часто при построении волоконно-оптических датчиков используется интерферометр Маха-Цендера и Майкельсона. Существенной проблемой, стоящей перед разработ-

чиками датчиков интерферометрического типа, является трудность измерения постоянных или медленно меняющихся величин, вызванная температурным дрейфом разности оптических путей. Временной масштаб такого дрейфа – более 0,1 с. Следовательно, интерферометрические датчики наиболее пригодны для проведения измерений на частотах выше 10 Гц. Другая сложность заключается в измерении длин, больших чем длина волны, поскольку одинаковые интенсивности интерференции повторяются с периодом  $2\pi$  фазового сдвига. Установка нулевого отчета измерения становится затруднительна.

**Дифракционные датчики.** Многие высокоэффективные многомодовые волоконно-оптические датчики основаны на свойствах дифракционных решеток. Такая решетка представляет собой оптически прозрачную среду с чередующимися прозрачными и поглощающими областями. Дифракционные решетки широко применяются в различных измерительных оптических приборах с контролем, как интенсивности, так и длины волны излучения. Принцип работы дифракционных решеток основан на многолучевой интерференции света.

Датчики температуры с полупроводниковым чувствительным элементом. Зависимость границы спектральной полосы поглощения полупроводников от температуры может быть использована для создания ВОД для измерения температуры. Излучение из одного волокна проходит через GaAs-призму в другое волокно. Если энергия фотонов меньше, чем ширина запрещенной зоны (т.е. длина волны больше, чем примерно 900 нм), излучение не затухает существенно в арсениде галлия (GaAs). Фотоны с более короткими длинами волн поглощаются. Граница зоны поглощения сдвигается примерно на  $0,5 \text{ нм}/^\circ\text{C}$ . Отсюда вытекают требования к точности длины волны на границе зоны порядка  $0,1 \text{ нм}$  для получения точности датчика  $0,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Эта точность ограничена однородностью структуры GaAs. Аналогичные датчики температуры можно сконструировать, используя чувствительные к температуре фильтры.

В данной статье мы будем рассматривать волоконно-оптические датчики температуры на основе волоконных решеток Брэгга. Для измерений важна структура именно чувствительного элемента, от того, как он спроектирован и изготовлен будет изменяться и измеряемая величина. Одним из видов волоконно-оптических датчиков являются датчики на основе волоконных решеток Брэгга.

Волоконная решетка Брэгга представляет собой периодическую структуру показателя преломления, изготовленную непосредственно в сердцевине оптического волокна. Данная структура отражает свет в узком спектральном диапазоне [3].

Изменение показателя преломления приводит к отражению света, распространяющегося вдоль волокна в узком диапазоне длин волн, для которых выполняются условия Брэгга:

$$\lambda = 2 n_{eff} \Lambda , \tag{1}$$

где  $\lambda$  – длина волны света в вакууме;

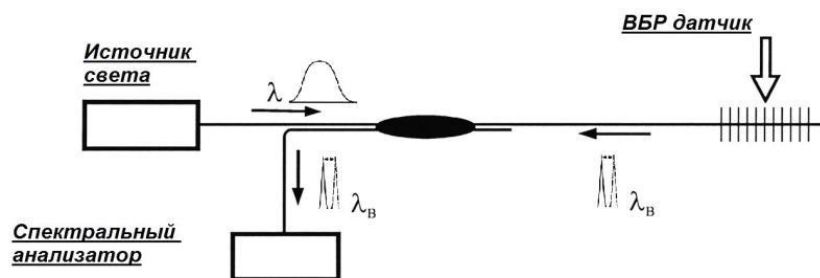
$n_{eff}$  – эффективный показатель преломления света в волокне;

$\Lambda$  – период решетки.

По сути, условие (1) означает, что волновое число решетки соответствует разности волновых векторов падающей и отраженной волн. В этом случае, комплексные амплитуды соответствующего поля отраженной волны из различных частей решетки находятся в фазе так, что они могут складываться конструктивно, это своего рода фазовый синхронизм.

Принцип работы такого измерителя основан на зависимости резонансной длины волны  $\lambda_B$  волоконной решетки Брэгга (ВРБ) от температуры или механических напряжений (давления), влияющих на чувствительный элемент. Изменение  $\lambda_B$  ВРБ приводит к изменению длин волн отраженного излучения. По этому изменению спектрального состава определяют величину изменения температуры или давления. Существует множество различных способов построения сенсорных систем на основе решеток Брэгга [4]. Простейшая схема волоконно-оптического датчика представлена на рисунке 1.





**Рис. 1.** Схема волоконно-оптического датчика на основе волоконных решеток Брэгга

Сигнал от источника отражается сенсорным элементом. Длина волны отражения фиксируется блокоманализатора. Как правило, анализатор 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.

Внешний вид волоконно-оптические датчиков температуры показан на рисунке 2.



**Рис. 2.** Внешний вид волоконно-оптические датчиков температуры на основе волоконных решеток Брэгга

Технические характеристики волоконно-оптические датчиков температуры:

- Количество оптических каналов – 1;
- Частота измерений 200 Гц;
- Диапазон длин волн 1510-1595 нм;
- Точность определения длины волны 5 нм;
- Повторяемость (при любых состояниях поляризации) <5 нм;
- Сдвиг длины волны 1.0 нм/°С;
- Динамический диапазон 30 дБ;
- Максимальное количество чувствительных элементов >70 (при шаге 1200 нм);
- Размеры и масса измерительной системы 40x29,1x21,3см; 9кг;
- Рабочие температура и влажность от 0 до 50°С; от 0 до 80%, без конденсата;
- Измеряемая температура от -20 до 70°С;
- Входное напряжение 110~240В;
- Потребляемая мощность 400.

ВОД температуры на основе волоконных решеток Брэгга эффективно использовать при измерении температуры в зоне сильных электромагнитных помех, повышенной взрывоопасности, агрессивности. В оптическом волокне может быть установлено большое количество таких решеток, каждая из которых дает отклик на собственной длине волны. В этом случае вместо точечного датчика получаем распределенную систему регистрации с мультиплексированием по длине волны. Использование длины волны света в качестве информационного параметра делает датчик нечувствительным к долговременным дрейфам параметров источника и приемника излучения, а также случайным затуханиям оптической мощности в волокне. Измерительные устройства, содержащие датчики Брэгга, уступают по быстродействию (частоте опроса) устройствам с тензодатчиками.



ЛИТЕРАТУРА

- [1] Удд, Э. Волоконно-оптические датчики. / Э. Удд. - М.: Техносфера, 2008. – 520 с.  
[2] Гавричев, В. Д. Волоконно-оптические датчики: учебное пособие / В. Д. Гавричев, А. Л. Дмитриев. - СПб: СПбГУ ИТМО, 2011. – 79 с.  
[3] З. Кашаганова Г.Б. Талшықты Брэгг торларының қасиеттері және оларды қолдану // Қ.И.Сәтбаев атындағы ҚазҰТЗУ Хабаршысы. – 2015. – №6 (112). – Б.180-185.  
[4] Карасик, В. Е. Измерительное устройство контроля деформации и температуры на основе наноразмерных волоконно-оптических датчиков / В. Е. Карасик, В.А. Лазарев, Н.А. Неверова // Научно-технический вестник Санкт-Петербургского государственного университета информационных технологий, механики и оптики. – 2008. - № 58. – С. 51-58.

Қашағанова Г.Б., Вуйцик В., Калижанова А.У., Козбакова А.Х.

**Температураның талшықты-оптикалық тетігі**

**Түйіндеме:** Мақалада талшықты-оптикалық датчиктер қарастырылған. Талшықты-оптикалық датчиктердің электрондық датчиктерге қарағанда артықшылықтары көрсетілген. Талшықты-оптикалық датчиктер түрлері, қолдану салалары және жұмыс істеу принциптері келтірілген.

**Кілттік сөздер:** оптикалық талшық, талшықты-оптикалық датчик, талшықты Брэгг торлары, өлшеу жүйелері

Kashaganova G., Wojcik W., Kalizhanova A.U., Kozbakova A.

**Fiber Optic Temperature Sensors**

**Summary.** The article considers fiber-optic sensors. Reflects the advantages of fiber optic sensors front electronic sensors. Given the types, their applications and operating principles.

**Key words:** fiber optic, fiber optic sensors, fiber Bragg gratings, measurement system.

УДК 621.311

**Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина**  
(Рудненский индустриальный институт, город Рудный, Костанайская область,  
Республика Казахстан, aset85@mail.ru)»

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И  
ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

**Аннотация:** Дан анализ актуальности математического моделирования, возможности разработки масштабного и профильного моделирования систем электроснабжения промышленных предприятий. Составлена логическая схема и представлена разработанная математическая модель.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, комплексные методы, банк данных, граф – автомат Мили, булевы уравнения, логическая схема, микропрограмма

Электротехнические и геомеханические комплексы являются крупными и ответственными потребителями электрической энергии. Расходы на электрическую энергию составляют до 30%. Оптимизация электрических режимов структурных элементов электротехнических и геомеханических комплексов призвана обеспечить снижение электропотребления. Важным вопросом является совершенствование системы управления электроснабжением за счет систематизации большого количества информации.

Эффективность функционирования систем управления зависит от выбора законов регулирования, настроечных параметров автоматических устройств управления, учета технологического процесса и электропотребления. Эти выводы подтверждают актуальность и неразработанность исследуемой темы.

В ходе выполнения работы будет предложена новая классификация систем электроснабжения с использованием масштабного и профильного моделирования, позволяющая управлять электропотреблением на основе современных технических средств учета электроэнергии; будет разработан новый принцип нормирования электропотребления на производстве; разработанный алгоритм и составленная программа необходима для формирования информационной базы данных элементов систем

электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов., с целью снижения потерь электроэнергии проведения энергосберегающих мероприятий на объекте.

Цель заключается в разработке математических методов моделирования процессов в электротехнических и геомеханических комплексах путем создания математической модели, базирующей на аппарате Мили и сетей Петри, решающие важную научную задачу повышения эффективности систем электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов создание нового принципа нормирования электропотребления на производстве с учетом установленной мощности объекта.

Идея проекта заключается в разработке теоретических положений, методологии оценки потенциала индустриализации и выработке конкретных рекомендаций по внедрению элементов индустрии 4.0 в Республике Казахстан на основе разработки математических методов моделирования процессов в электротехнических геомеханических комплексах с учетом масштабного и профильного моделирования.

Задачами исследования являются:

1. Проведение анализа состояния вопроса и обоснование задач исследования.
2. – Разработка методов моделирования систем электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов создания информационной базы;
3. Разработка системы информационных методов моделирования при нормировании электропотребления в электротехнических и геомеханических комплексах
4. Совершенствование методики нормирования электропотребления в электротехнических и геомеханических комплексах
5. Разработка мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электротехнических и геомеханических в комплексах.
6. Разработка информационной базы данных по горнотехнологическому комплексу и совершенствование системы учета электроэнергии на объектах

При решении анализа состояния вопроса предполагается провести анализ развития Индустрии 4.0 в Республике Казахстан, которая позволит разработать и систематизировать научные представления в исследуемой области, определить и оценить управление электропотреблением на основе учета и контроля электроэнергии с помощью современных технических средств; определить динамику электропотребления промышленными предприятиями.

Разработка методов моделирования системы электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов включает в себя анализ особенностей функционирования энергетической системы по разработанной классификации систем электроснабжения промышленных предприятий.

Будут получены обоснованные результаты позволяющие анализировать систему электроснабжения объектов. Проводится оценка различных факторов влияющих на расход электрической энергии при производстве изделий и показаны основные пути по снижению электропотребления при широком спектре выпускаемых изделий.

При совершенствовании методики нормирования электропотребления в геомеханических комплексах разрабатываются научные принципы, позволяющие определить диапазон установленной мощности объектов электротехнических и геомеханических комплексов. Разработка нового принципа нормирования на основе проведенных исследований позволит оперативно установить расход электрической энергии потребителями от принадлежности к уровню систем электроснабжения .

Одним из мероприятий по снижению потерь электроэнергии в электротехнических и геомеханических в комплексах является разработка основных мероприятий, позволяющих снизить потери электрической энергии в системах электроснабжения на низком напряжении, с учетом действующего технологического и электрического оборудования. На основании которого представлены экспериментальные исследования по электропотреблению при добыче и переработке горнорудной массы.

В разработку информационной базы данных по горнотехнологическому комплексу входит разработка программного продукта, позволяющая раскрыть специфику управления электропотребления промышленными предприятиями.

Разработка математической модели системы управления электро-снабжением электротехнического и геомеханического комплекса выполнена на основе граф-системы алгоритма и графа автомата Мили.

Для разработки математической модели системы управления объектами используем метод граф-схем алгоритмов. Составляем упрощенный алгоритм функционирования системы управления объектами электроснабжения.

На основе этого алгоритма строим граф-схему алгоритма, которому соответствует граф автомата Мили. Затем по графу автомата составляем структурную таблицу переходов автомата Мили системы управления объектами электроснабжения (таблица 1).

В каждой строке таблицы 1 записываются состояние  $a_m$ , из которого осуществляется переход в автомате; состояние  $a_s$ , в которое переходит автомат из состояния  $a_m$ ;  $X(a_m, a_s)$ ,  $Y(a_m, a_s)$  - входной и выходной сигналы на переходе  $(a_m, a_s)$ .

Если на переходе  $(a_m, a_s)$  выдается множество выходных сигналов  $Y(a_m, a_s) = \{Y_1(a_m, a_s), \dots, Y_j(a_m, a_s), \dots, Y_j(a_m, a_s)\}$  под действием множества входных сигналов  $X_{j1}(a_m, a_s), \dots, X_{jh}(a_m, a_s), \dots, X_{jH}(a_m, a_s)$ , то в таблице последовательно перечисляются все пути перехода. Также записываются коды исходного состояния  $K(a_m) = (\tau_{m1}, \dots, \tau_{mi})$ ; состояния перехода  $K(a_s) = (\tau_{s1}, \dots, \tau_{sl})$ , представляющих собой набор состояний элементарных элементов памяти микропрограммного автомата;  $\tilde{F}(a_m, a_s)$  - множество обязательных функций возбуждения, изменяющих состояние элементов памяти и вырабатываемых на переходе  $(a_m, a_s)$ .

По структурной таблице переходов составляются уравнения функций выходов, функций возбуждения выходов (1):

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4; & y_9 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_8; \\
 y_2 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_1; & y_{10} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_9; \\
 y_3 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_2; & y_{11} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{10}; \\
 y_4 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_3; & y_{12} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{11}; \\
 y_5 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_4; & y_{13} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{12}; \\
 y_6 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_5; & y_{14} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{13}; \\
 y_7 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_6; & y_{15} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{14}; \\
 y_8 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_7; & y_{16} &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{15}.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

Система булевых уравнений логических функций для выходных сигналов для граф схемы представлена уравнением 2.

$$\begin{aligned}
 y_1 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \\
 y_i &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{i-1} \quad i = 2 \dots 16.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Система булевых уравнений логических функций возбуждения представлена уравнением (3):

$$\begin{aligned}
 \phi_1 &= \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot x_7 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_3 \cup \tau_1 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot x_{15} \\
 \phi_2 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot x_3 \cup \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cup \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_7 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \\
 &\cdot x_{11} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{15} \\
 \phi_3 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot x_1 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_3 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot x_5 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_7 \cup \tau_1 \\
 &\cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot x_9 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{11} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot x_{13} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{15} \cup \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \\
 \phi_4 &= \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_1 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_2 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_3 \cup \bar{\tau}_1 \\
 &\cdot \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_4 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_5 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_6 \cup \bar{\tau}_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_7 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \\
 &\cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_8 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_9 \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{10} \cup \tau_1 \cdot \bar{\tau}_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{11} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \\
 &\cdot \bar{\tau}_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{12} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \bar{\tau}_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{13} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \bar{\tau}_4 \cdot x_{14} \cup \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \bar{x}_{15}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

По системе уравнений минимизированных функций выходных сигналов и сигналов возбуждения элементов памяти составляется логическая схема цифрового автомата Мили системы управления электропотреблением объектов. Управления, реализованного в среде MATLAB

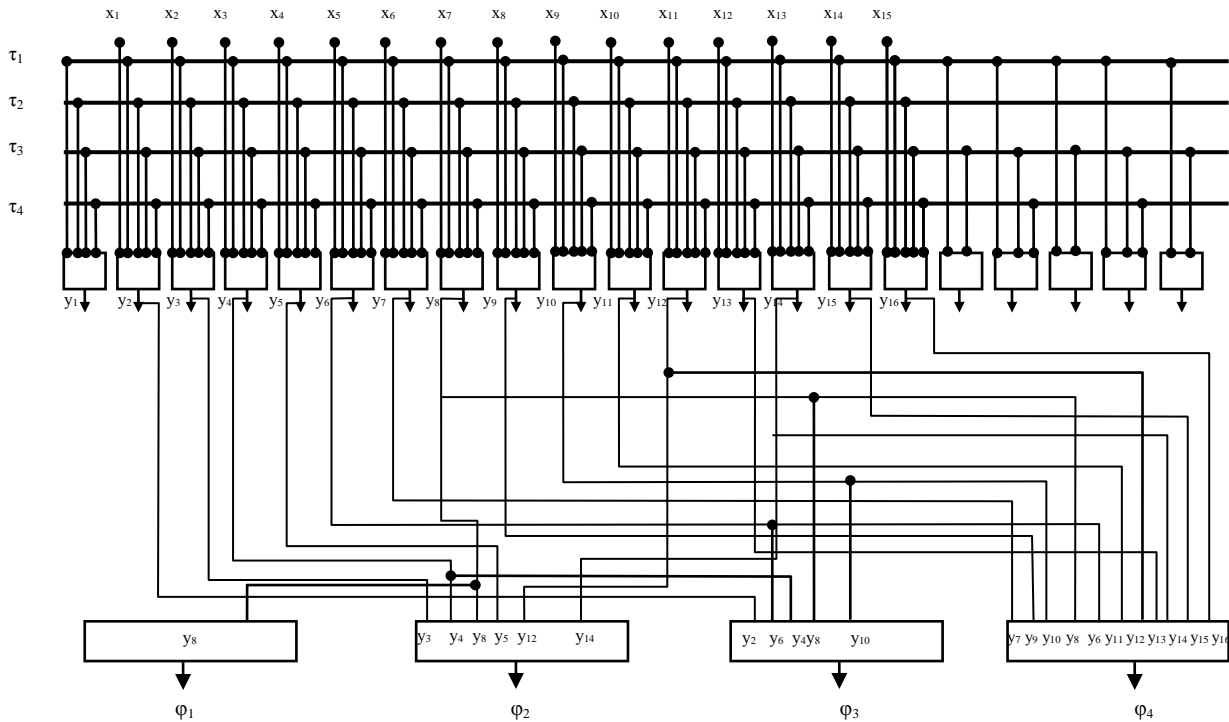


Рис. 1. Логическая схема модели управляющего микропрограммного автомата Мили

По графу составлена структурная таблица переходов автомата Мили устройства автоматического определения параметров системы электроснабжения объектов электротехнических и геомеханических комплексов представлена (таблица 1).

Затем составляется таблица истинности (таблица 2.2), в которой в левой части приведены варианты входящих сигналов шифратора –  $X_0 \div X_{15}$ , в правой части приведены варианты выходных сигналов дешифратора –  $Y_0 \div Y_{15}$  [16]. Сигналы на выходах дешифратора появляются при определенном наборе «0» и «1» на входе шифратора, это так называемая операция конъюнкция. Система булевых уравнений выходов дешифратора представлена уравнением (4):

$$\overline{y_1} = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot \overline{x_{15}}, \quad (4)$$

$$\overline{y_i} = x_1 \cdot x_2 \cdot \dots \cdot \overline{x_{16-i}} \cdot \dots \cdot x_{15}$$

где  $i = 1, 2, 3, \dots, 15$ .

Сигналы с фазового сдвига и соответствующего выхода дешифратора поступают на элементы и с инвертирующими входами, выходы которых через блоки гальванической развязки подключены к исполнительным органам отходящих линий.

Сигнал на выходе из элементов с инвертирующими входами дает команду на отключение выражением (5).

$$F = f_1 U f_2 U f_3 U f_4 U f_5 U f_6 U f_7 U f_8 U f_9 U f_{10} U f_{11} U f_{12} U f_{13} U f_{14} U f_{15}, \quad (5)$$

где  $f_1 \div f_{14}$  - выходы элементы с инвертирующими входами

$$f = \overline{y} \cdot \overline{x} \Rightarrow \quad (6)$$

Таблица 1. Структурная таблица переходов модели управляющего микрограммного автомата Мили

$a_m$	$K(a_m)$	$a_5$	$K(a_5)$	$x(a_{m1} a_5)$	$y(a_{m1} a_5)$	$F(a_{m1} a_5)$
$a_1$	0000	$a_2$	0001	1	$y_1$	$\varphi_4$
$a_2$	0001	$a_3$ $a_2$	0010 0001	$x_1$ $\overline{x_1}$	$y_2$	$\varphi_3$ $\varphi_4$
$a_3$	0010	$a_4$ $a_3$	0011 0010	$x_2$ $\overline{x_2}$	$y_3$	$\varphi_3, \varphi_4$ $\varphi_3$
$a_4$	0011	$a_5$ $a_4$	0100 0011	$x_3$ $\overline{x_3}$	$y_4$	$\varphi_2$ $\varphi_3, \varphi_4$
$a_5$	0100	$a_6$ $a_5$	0101 0100	$x_4$ $\overline{x_4}$	$y_5$	$\varphi_2, \varphi_4$ $\varphi_2$
$a_6$	0101	$a_7$ $a_6$	0110 0101	$x_5$ $\overline{x_4}$	$y_6$	$\varphi_2, \varphi_3$ $\varphi_2, \varphi_4$
$a_7$	0110	$a_8$ $a_7$	0111 0110	$x_6$ $\overline{x_6}$	$y_7$	$\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ $\varphi_2, \varphi_3$
$a_8$	0111	$a_9$ $a_8$	1000 0111	$x_7$ $\overline{x_7}$	$y_8$	$\varphi_1$ $\varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$
$a_9$	1000	$a_{10}$ $a_9$	1001 1000	$x_8$ $\overline{x_8}$	$y_9$	$\varphi_1, \varphi_4$ $\varphi_1$
$a_{10}$	1001	$a_{11}$ $a_{10}$	1010 1001	$x_9$ $\overline{x_9}$	$y_{10}$	$\varphi_1, \varphi_3$ $\varphi_1, \varphi_4$
$a_{11}$	1010	$a_{12}$ $a_{11}$	1011 1010	$x_{10}$ $\overline{x_{10}}$	$y_{11}$	$\varphi_1, \varphi_3, \varphi_4$ $\varphi_1, \varphi_3$
$a_{12}$	1011	$a_{13}$ $a_{12}$	1100 1011	$x_{11}$ $\overline{x_{11}}$	$y_{12}$	$\varphi_1, \varphi_2$ $\varphi_1, \varphi_3, \varphi_4$
$a_{13}$	1100	$a_{14}$ $a_{13}$	1101 1100	$x_{12}$ $\overline{x_{12}}$	$y_{13}$	$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$ $\varphi_1, \varphi_2$
$a_{14}$	1101	$a_{15}$ $a_{14}$	1110 1101	$x_{13}$ $\overline{x_{13}}$	$y_{14}$	$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$ $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_4$
$a_{15}$	1110	$a_{16}$ $a_{15}$	1111 1110	$x_{14}$ $\overline{x_{14}}$	$y_{15}$	$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$ $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$
$a_{16}$	1111	$a_1$ $a_{16}$	0000 1111	$x_{15}$ $\overline{x_{15}}$	$y_{16}$	- $\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3, \varphi_4$

Таблица 2. Таблица истинности

x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	y	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

На каждом выходе элемента с инвертирующими входами появится сигнал «1», только в том случае, если конъюнкция сигнала y и x будет «1», то есть тогда общее уравнение выхода элементов с инвертирующими входами определяется выражением:

$$F = \sum_{i=1}^{15} \bar{y}_i \cdot \bar{x}_i, \tag{7}$$

где i= 1...15 .

**Вывод:** на основе проведенных исследований, разработанная система классификации модели управления объектами электроснабжения электротехнических и геомеханических комплексов описана математической моделью. Информационная модель системы управления объектами электроснабжения получена на основе использования и построения граф-схемы автомата Мили.

ЛИТЕРАТУРА

[1] Хабдуллина, З.К. «Моделирование систем электроснабжения горнорудных и промышленных предприятий»: учебное пособие / З.К. Хабдуллина. - Магнитогорск, 2008. – 186с.  
 [2] Хабдуллина, З.К. Разработка математической модели систем управления объектами электроснабжения [Текст] / З.К. Хабдуллина // Научно-практический журнал «Электрооборудование: эксплуатация и ремонт». – Москва, 2010. - №7. - С. 34-40.

[3] Хабдуллина, З.К. Создание математической модели для системы классификации промышленных и горнорудных предприятий / З.К. Хабдуллина // Известие вузов. Бишкек, 2012. - №6. – С.63-67.

Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина

**Тау-кен техникалық кешендердің үрдістерін математикалық үлгілеу**

**Түйіндемесі:** Электрлік және геомеханикалық кешендер үшін электрмен жабдықтау жүйелерін тікелей талдау әдістемесі әзірленді; электр энергиясын есепке алудың заманауи техникалық құралдарына негізделген қуат тұтынуды басқаруға мүмкіндік беретін ауқымды және бейінді модельдеуді қолдану арқылы жаңа жіктеуді ұсынды; электрмен жабдықтауды басқару жүйесінің дамыған математикалық моделі тұтынушылардың энергия тұтынуының қажетті деңгейін сипаттауға, тұрақтандыруға және басқаруға мүмкіндік береді.

**Кілтті сөздер:** математикалық үлгілеу, кешенді әдістер, мәндер базасы, Мили граф-автоматы, булді теңдеулер, логикалық сызбалар, микро бағдарлама

Asset B. Khabdullin, Z.K. Khabdullina, Arman B. Khabdullin, G.A. Khabdullina

**Mathematical modeling of processes of mining technological complexes**

**Summary:** The methodology of the direct analysis of systems of electrical power supply of electrotechnical and geomechanical complexes is developed; the new classification with use of scale and profile simulation allowing to control a power consumption on the basis of the modern technical means of accounting of the electric power is offered; the developed mathematical model of an entity management system of electrical power supply, will allow to describe, stabilize and control the necessary level of a power consumption on buses of customers of the electric power

**Key words:** mathematical modeling, complex methods, databank, the count – the Mile automatic machine, the Boolean equations, the logical scheme, the microprogram

УДК 625.06

**Чжан Кецянь, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе**

(Национальная лаборатория новых дорожно-строительных материалов ОАО «Цзянсуский научно-исследовательский транспортный институт» г. Нанкин, провинция Цзянсу, КНР;  
«Казахстанский дорожный научно-исследовательский институт», г. Алматы, Казахстан;  
ОАО «Inner Mongolia Highway Traffic Investment Development», Хух-Хото,  
Внутренняя Монголия, КНР)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПРОЧНОГО СОСТАВА DNPS ПРИ СОДЕРЖАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ**

**Резюме.** Анализируется влияние устройство прочного и высокопроницаемого слоя (DNPS) при содержании асфальтобетонного покрытия. Устройство пропиточного состава DNPS позволяет формировать защитную прослойку на асфальтобетонном покрытии. По итогам наблюдений опытные участки устроенных слоев DNPS позволяют повысить эффективность сопротивлению повреждаемости и старению существующего дорожного покрытия, а также улучшения свойств водонепроницаемости, сцепления и индекса качества езды.

**Ключевые слова:** долговечность, ресайклинг, содержание, асфальтобетонное покрытие

**Введение**

Работоспособность битумного вяжущего в составе асфальтобетона под воздействием транспортных условий и природно-климатических факторов постепенно стареет, становясь хрупким и малопрочным. Содержание асфальтобетонного покрытия методом ресайклинга или переработки существующего покрытия по сути является заменой самого покрытия. Устройство же слоя DNPS методом распыления регенерирующих материалов позволяет глубоко проникнуть в существующее покрытие и восстановить его функции, т.е. по своей сущности это тот же ресайклинг только битумосодержащих в покрытии. Данная статья представляет собой обзор результатов исследования Цзянсуского научно-исследовательского транспортного института № 2016Y06 по мониторингу участков дорог в провинции Цзянсу, КНР, на которых в рамках эксплуатационных мероприятий по асфальтобетонному покрытию была применена технология устройства пропиточного состава DNPS материала.



**1. Подбор материалов**

В рамках исследования использовался инновационный материал, обладающий свойствами высокой проницаемости для регенерации битумного вяжущего в составе асфальтобетона, принцип действия которого представляет собой подбор подходящего насыщенного углеводородного состава способствующего регенерации существующих ненасыщенных ароматических компонентов, повышая в свою очередь антиоксидантные свойства материала, устойчивость к старению и соответственно долговечность. Также свойство адсорбции поверхностно-активных веществ снижающее свободную энергию на межфазных границах раздела между двумя несмешивающимися фазами, повышает скорость и увеличивает глубину проникновения. Тем самым на начальном этапе значительно улучшая свойства существующего материала, которые, однако, со временем уменьшаются. Результаты мониторинга DHPS материала приведены в таблице 1. В целом DHPS материал включает следующие компоненты:

Нефтепродукты: LPF (легкая нефть), CPF (нафтеновые кислоты), AF (ароматические кислоты).

Природная смола: Resin-A, Resin-B.

Эмульгаторы: PA, SA, QAS, OP.

Поверхностно-активное вещество: JFC на полиакрилоксиэтиленовой основе.

Таблица 1. Результаты контрольных испытаний DHPS материала

Показатель	Фактическое	Норма
Заряд частицы	катион (+)	катион (+)
Остаток на ситах (1,18мм), %	0,07	≤0,3
Срок сушки, часов	поверхностно-сухая	3
	полно-сухая	7
Вязкость (по Enguera E25)	5,8	4~8
Остаток при испарении, %	65	≥60
Устойчивость к сохранению (1 день), %	0,2	≤0,3
Устойчивость к сохранению (3 дня), %	1,5	≤2,0

**2. Устройство на опытном участке**

**2.1 Описание опытного участка**

Для исследования эффективности DHPS материала был подобран опытный участок в провинции Цзянсу, КНР, который находился в стадии эксплуатации 10 лет, обладающий неплохой несущей способностью. Характерными дефектами дорожного покрытия для участка являются поперечные и продольные трещины, частичное выкрашивание и износ поверхности. Продольная ровность дорожного покрытия находится в нормальных пределах, отсутствуют видимые дефекты конструкции: колейность и другие пластические деформации. Дорожное покрытие в определенной степени стареет ввиду многолетней эксплуатации.

В июне 2015 года в рамках работ по содержанию на опытном участке на протяженности 2 км была применена технология устройства слоя DHPS. Мониторинг контрольных показателей для оценки эффективности на данном участке осуществлялся в течение одного года. При этом сравнение производилось с соседним участком этой же автомобильной дороги, на котором данную технологию не использовали.



а) частичное выкрашивание поверхности покрытия б) трещины

**Рис. 1.** Состояние дорожного покрытия до устройства DHPS материала

## 2.2 Анализ и оценка результатов лабораторного контроля

Через год после устройства слоя DHPS был произведен отбор кернов из верхнего слоя асфальтобетонного покрытия на опытном и контрольном участках, а отобранные образцы были испытаны на определение содержания битума (экстракция), по методу Маршалла, на водоустойчивость, пénéтрацию (глубину проникания иглы), растяжимости, а также температуру размягчения битума.

### 2.2.1 Определение содержания битума

Определение содержания битума в смеси методом экстракции применяется для оценки качества устройства дорожных покрытий и состояния асфальтобетонных смесей. По результатам испытаний установлено (таблица 2), что зерновой состав заполнителей смеси для опытного участка почти одинаков с составом на контрольном участке. Однако содержание битума в покрытии на опытном участке увеличилось на 0,2%, которое свидетельствует о том, что «омолаживающие» ингредиенты DHPS материала проникли в структуру старого асфальтобетона, т.е. полностью смешались и стали его частью, тем самым увеличив содержание битума.

Таблица 2. Зерновой состав асфальтобетонных смесей

Участок	Соотношение битума и минерального материала (%)	Размеры ячеек (мм)									
		16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
Опытный	4.2	100	99.0	88.0	61.4	44.3	34.1	24.8	18.2	14.1	11.3
Контрольный	4.0	100	98.9	89.5	61.7	45.3	37.1	26.8	19.4	15.3	12.5

### 2.2.2 Испытание битума

Извлеченные битумы из поверхностных слоев образцов кернов толщиной 3 см на опытном и контрольном участках были испытаны на три основных показателя: пénéтрация, температура размягчения и дуктильность. Результаты контрольных испытаний приведены в таблице 3, из которой установлено, что показатели пénéтрации и дуктильности битума из старого дорожного покрытия серьезно снизились. При этом, по сравнению с контрольным участком, битумы обработанные пропитывающим DHPS составом, индекс пénéтрации при 25°C увеличился на 133%, дуктильность при 15°C увеличилась от хрупкого характерного для контрольного участка до 15 см, а температура размягчения снизилась на 20%. Данные результаты свидетельствует о том, что пропиточный состав DHPS позволил значительно восстановить технические эксплуатационные характеристики битума старого дорожного покрытия.

Таблица 3. Технические показатели извлеченных битумов

Вид испытания	Контрольный участок	Опытный участок	Требования к дорожному битуму
Пénéтрация при 25°C, 5сек., 100 гр. (0,1мм)	18	42	60~80
Температура размягчения, °C	70	56	≥46
Дуктильность при 15°C, см	Хрупкий разрыв	15	≥100

### 2.2.3. Испытания по методу Маршалла

Отобранные образцы асфальтобетонных кернов по 3 штуки высотой 4 см на контрольном и опытном участках испытаны по методу Маршалла. Результаты испытаний, после корректировки приведены в таблице 4, из которой следует, что коэффициент пористости на образцах керна опытного участка снизился на 50%, степень устойчивости немного снизилась, а величина потока увеличилась. В свою очередь это свидетельствует о том, что гибкость асфальтобетонной смеси была улучшена, а также в некоторой степени были восстановлены эксплуатационные характеристики битумов, применяемых для устройства дорожных покрытий.

Таблица 4. Результаты испытаний образцов керн на устойчивость по Маршаллу

Участок образцов керн	Коэффициент пористости, %	Степень устойчивости, кН	Величина потока (0,1мм)
Контрольный	3.2	8.46	27.5
	3,2	8,46	27,5
Опытный	1.6	7.61	35.6
	1,6	7,61	35,6

2.2.4 Испытание на водоустойчивость

Под воздействием ежегодных циклов замораживания и оттаивания, водно-теплового режима дорожной конструкции, а также динамических нагрузок транспортных средств последовательно накапливаются повреждения дорожного покрытия. Соответственно характеристика асфальтобетонной смеси является одним из ключевых факторов устойчивости к данным видам влияния. В рамках настоящей программы исследования проведено испытание образцов на растяжение при замораживании-оттаивании. По результатам испытаний (таблица 5) установлено, что по сравнению с контрольным участком, остаточная устойчивость и коэффициент прочности на растяжение TSR на опытном участке увеличились соответственно на 3,3% и 7,4%.

Таблица 5. Результаты испытания на водоустойчивость

Участок образцов керн	Остаточная устойчивость MS0, %	Коэффициент прочности на растяжение TSR, %
Контрольный	94.1	85.5
	94,1	85,5
Опытный	97.4	92.9
	97,4	92,9

Основная причина заключается в том, что при устройстве пропиточного состава DHPS его составные элементы проникают в пустоты асфальтобетонной смеси заживляя микротрещины. Далее, смешиваясь с битумом старого дорожного покрытия, увеличивают его массовую долю в нем, тем самым снижая пористость смеси, повышая степень ее уплотнения и в целом восстанавливая организационную структуру смеси. Последующее относительное увеличение свойств адгезии битума, повышает внутреннее трение и связность асфальтобетонной смеси, что конечном счете улучшает характеристики водоустойчивости.

2.3 Анализ и оценка результатов наблюдения опытного участка

2.3.1 Инструментальное обследование опытного участка

В рамках программы исследования на опытном и контрольных участках перед устройством пропиточного состава DHPS, через 3 месяца и 1 год после проводилось инструментальное обследование параметров: шероховатость покрытия (TD); коэффициент водопроницаемости; индекс качества езды (RQI); сцепные качества покрытия (SRI); показатель глубины колеи (RDI).

Таблица 6. Результаты инструментального обследования опытного участка

Показатель контроля	Шероховатость покрытия (TD), мм		Коэффициент водопроницаемости, мл/мин		Индекс качества езды (RQI)		Сцепные качества покрытия (SRI)		Показатель глубины колеи (RDI)	
	К	О	К	О	К	О	К	О	К	О
Перед устройством	0.55	0.56	18	20	92.4	92.1	94.7	94.5	89.5	89.3
Через 3 месяца после устройства	0.54	0.49	20	0	92.1	94.5	93.3	97.2	88.8	88.9
Через 1 год после устройства	0.47	0.43	24	0	91.5	94	92.2	96.3	88.3	88.6

Примечание: К – контрольный участок; О – опытный участок.

### 2.3.2 Анализ результатов инструментального обследования

По результатам анализа шероховатости покрытия (TD) установлено:

- перед устройством DHPS материала показатель шероховатости покрытий на контрольном и опытном участках составляла 0,56 мм и 0,55 мм соответственно, что практически идентично;
- через 3 месяца после устройства DHPS материала на опытном участке шероховатость покрытия уменьшилась значительно больше (на 0,7 мм) чем на контрольном (на 0,1 мм);
- через 1 год после устройства пропиточного состава шероховатость покрытия уменьшилась почти одинаковый уровень: контрольный участок - на 0,7 мм; опытный участок – на 0,6 мм.

Из чего следует, что в течение 3-х месяцев после устройства DHPS материала составные элементы данного пропиточного состава уменьшили значения пенетрации, вязкости и других показателей битумного вяжущего в старом покрытии. При этом степень уплотнения старого покрытия увеличилась, а обновленные составные части битума под воздействием нагрузок транспорта поднялись, в результате чего уменьшилась шероховатость покрытия на опытном участке. Однако в течение 1 год после устройства слоя показатели шероховатости для обоих участков имели почти одинаковые значения, из чего сделан вывод, что в течение 3-х месяцев составные элементы пропиточного состава полностью проникли в дорожное покрытие, образовав стабильный защитный слой.

По результатам анализа коэффициента водопроницаемости установлено:

Перед устройством DHPS материала коэффициенты водопроницаемости на контрольном и опытном участках были практически одинаковые, но через 3 месяц и 1 год после устройства, данный показатель на опытном участке составил 0, который значительно меньше по сравнению с контрольным участком. Из чего следует, что составные элементы DHPS пропиточного состава восстановили вязкость битума и устранили микротрещины, повысив тем самым степень уплотнения старого покрытия и улучшив свойства водопроницаемости.

По результатам контроля индекса качества езды (RQI) установлено:

- перед устройством DHPS материала индекс качества езды (RQI) на контрольном и опытном участках одинаковые;
- через 3 месяца индекс качества езды (RQI) на опытном участке увеличился на 2,4, а на контрольном уменьшился на 0,3.
- через 1 год после индекс качества езды (RQI) на опытном участке увеличился на 1,9, а на контрольном уменьшился на 0,9.

Из наблюдений данного показателя следует, что индекс качества езды на опытном участке немножко больше. Причина, приведшая к таким результатам, заключается в том, что в результате применения данной технологии битумное вяжущее в старом покрытии смягчилось, вязкость уменьшилась. Тем не менее, устранение микротрещин и предотвращение разрыхления позволило восстановить рабочую способность старого покрытия. При этом индекс качества езды (RQI) на контрольном участке значительно уменьшился после 1 года в сравнении с опытном участком. Данные результаты показали необходимость проведения профилактических работ по уходу за дорожным покрытием.

По результатам анализа сцепных качеств покрытия установлено:

Перед устройством DHPS материала сцепные качества покрытия (SRI) на контрольном и опытном участках почти одинаковые. Через 3 месяца и 1 год данный показатель на опытном участке увеличился на 2,7 и 1,8 соответственно, а на контрольном участке уменьшился на 1,4 и 2,5. Это свидетельствует о том, что применение технологии устройства пропиточного состава DHPS значительно улучшает сцепные качества покрытия. Данные положительные результаты получились вследствие увеличения вязкости битумного вяжущего в старом покрытии, что предотвратило потерю мелкого заполнителя и увеличило коэффициент поперечной силы трения. В определенной степени это повысило степень безопасности дорожного движения.

Анализ показателя глубины колеи (RDI) на контрольном и опытном участках почти одинаковые (88-90) на всех этапах инструментального обследования. При этом технология устройства пропиточного состава DHPS не имеет влияние на показатель глубины колеи покрытия.

### 3. Анализ экономической эффективности

В настоящее время имеются много технологий профилактического содержания дорожных покрытий нежесткого типа. Поэтому в рамках настоящей программы исследования пропиточный состав

DHPS был произведен анализ экономической эффективности в сравнении с используемыми технологиями содержания дорог в провинции Цзянсу (КНР) (таблица 7).

Таблица 7. Сравнение технологий профилактического содержания дорог

Технология содержания	Степень сложности работ	Эффект	Срок службы, год	Расходы на устройство, юань/м <sup>2</sup>	Количество раз за жизненный цикл дороги	Расходы на содержание за жизненный цикл дороги, юань/м <sup>2</sup>	Приведенные ежегодные расходы на содержание, юань/м <sup>2</sup>
Fog Seal	Простое	Плохой	1-2	5-10	8	60	4.0
Micro-surfacing	Сложное	Хороший	2-4	20-30	4	100	6.7
Simultaneous gravel seal	Сложное	Хороший	2-4	15-20	4	70	4.7
EAC-10	Сложное	Хороший	4-6	45-55	2	100	6.7
Novachip	Сложное	Хороший	4-6	45-55	2	100	6.7
SMA-10	Сложное	Хороший	4-6	55-65	2	120	8.0
DHPS	Простое	Хороший	3-5	14-18	3	48	3.2

После анализа расходов стоимости применения технологии устройства слоя DHPS установлено: устройства слоя составляет 16 юаней/м<sup>2</sup>, за жизненный цикл дорожного покрытия предполагается его переустройство 3 раза, исходя из чего общие расходы на данную технологию составят порядка 48 юаней/м<sup>2</sup>, таким образом приведенные ежегодные расходам на содержание равняются 3,2 юаней/м<sup>2</sup>. С точки зрения технологичности устройства слоя DHPS связано с более простым процессом производства работ. При этом в течение 3-5 лет дорожное покрытие может сохранять хорошее транспортно-эксплуатационное состояние.

В сравнении, приведенные ежегодные расходы устройства слоя DHPS немного дешевле технологии «Fog Seal» и значительно дешевле технологий «Micro-surfacing», «Simultaneous gravel seal», EAC-10, Novachip, SMA-10 и других. Наряду с этим приведенные альтернативные технологии требуют больших единовременных затрат, сложный процесс производства работ, высокие требования к оборудованию и квалификации технического персонала, при этом ввиду более высокой трудоемкости соответственно длительности рабочего процесса приносят неудобства пользователям дорог.

В этой связи, технология устройства слоя DHPS является экономически и технологически эффективной в рамках работ по содержанию автомобильных дорог нежесткого типа.

### Выводы

1. Технология устройства слоя DHPS значительно восстанавливает пенетрацию, точку размягчения и дуктильность битумных вяжущих в структуре старого дорожного покрытия и повышает их эксплуатационные характеристики.

2. Составные элементы данного пропиточного состава слоя DHPS смешиваясь со битумными вяжущими старого покрытия становятся его частью, повышают содержание битума в асфальтобетонной смеси, снижая ее пористость и одновременно повышая степень уплотнения смеси, тем самым улучшая характеристики водостойчивости.

3. Технология устройства слоя DHPS усиливает вязкость битумных вяжущих в структуре старого дорожного покрытия, что является значительно эффективным для предотвращения потери мелких заполнителей, восстановления микротрещин, подавления рыхлости смеси, также улучшается показатели водонепроницаемости, сцепные свойства покрытия, шероховатость и т.д.

4. Сравнительный анализ расходов применения альтернативных технологии за жизненный цикл дорожного покрытия показал, что содержание технологией устройства слоя DHPS является самым экономически и технологически эффективным методом содержания дорожных покрытий нежесткого типа.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Цао Жунцзи, Чэнь Жуншэн, Сюй Чжэнлинь. Оценка и исследование характеристик регенерирующих битум веществ [J]. Наука и техника в автомобильном транспорте, 2007, 24(3):43-45.
- [2] Люй Вэйминь. Принцип регенерации битума и технические требования к регенерирующему веществу [J]. Нефтебитум, 2007, 21(6):1-6.
- [3] Це Лэйтан. Прикладное исследование технологии "Устройство изолирующего слоя распылением регенерирующего вещества" [D]. Чананьский университет, 2012.
- [4] Со Чжи, Сюйшифа, Ло Сяохуэй и д. Исследования и применение технологии "Устройство изолирующего слоя регенерирующим и восстанавливающим веществом битума [J]. Автомобильные дороги, 2012(10):191-195.
- [5] Ван Лимин, Тань Ицю, Цзян ли. Утилизация битумных вяжущих в старом асфальтобетонном покрытии и оценка регенерированных битумных вяжущих на основании устойчивости к старению [J]. Китайские и иностранные автодороги, 2011, 31(6):257-260.
- [6] Тан Дамин, Сун Яньпин. Анализ экономической эффективности технологий профилактического содержания асфальтобетонных покрытий [J]. Наука и техника в транспорте провинции Хэйлуцзян, 2006, 29(8):48-49.
- [7] Юй Цзянмяо, Чарльз Ли, Чэнь Лэйлэй. Оценка экономичности технологий профилактического содержания асфальтобетонного покрытия на основании модели анализа жизненного цикла [J]. Научный журнал Южно-Китайского технологического университета (Издание естественных наук), 2012, 40(11):133-137.
- [8] Ли Чжэлян. Технологии профилактического содержания дорожного покрытия на основании анализа «стоимость-эффективность» [J]. Наука и техника в автомобильном транспорте, 2007, 24(12):19-23.

Чжан Кесян, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе

**Асфальт-бетон жамылғысын күтіп-ұстау кезінде берікті жоғарғы өткізгіштік қабатты технологиялық жамылғыны қолдануды зерттеу.**

**Түйіндемe.** Аталған мақалада асфальт-бетон жамылғысын күтіп-ұстау кезінде берікті және жоғарғы өткізгіштік қабатты жамылғының (DHPS) әсер етуіне талдау жүргізілуде. DHPS қабат жамылғысы жол төсемесінде қорғаныс қабатшасын қалыптастыруға мүмкіндік береді. Жүргізілген қадағалау қорытындысы бойынша DHPS қабат жамылғысымен төселген тәжірибелі учаскелер қолданыстағы жол төсемесінің ескіруіне және бұзылуын болдырмау тиімділігін арттыруға, сондай-ақ су өткізбеушілік ерекшелігін, ұстасу мен жүріп өтудің сапасының индекcін жақсартуға мүмкіндік береді.

**Негізгі сөздер:** ұзақтылық, ресайклинг, күтіп-ұстау, асфальт-бетон жамылғысы.

Чжан Кесян, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе

**Application research of durable and high permeable seal techniques in maintenance of asphalt pavement.**

**Summary.** In this paper, the effect of using durable and high permeable seal (DHPS) layer material is analyzed in preventive maintenance of asphalt pavement test section. Contrast with the blank ones, DHPS layer section presented positive improvement of anti-aging on pavement surface asphalt. Also, In addition, the anti-seepage performance, anti-skid performance and driving quality of asphalt pavement have been improved to varying degrees. After using DHPS, it can block the road surface gap, increase the effective asphalt content, so as to improve the anti moisture damage capacity of the existing pavement.

**Key words:** durability, recycling, maintenance, asphalt concrete pavement.

УДК 339.18 (043)

**Е.Е. Нұржақып**

(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева  
<mailto:ernur.nurzhakip@gmail.com>)

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОПОРАТИВНЫМ КОНТЕНТОМ IBM FILENET**

**Аннотация.** Управление корпоративным контентом (ЕСМ) - это комплексный подход к управлению всеинформационными ресурсами организации, включая бумажные документы, данные, отчеты, веб-страницы и цифровые активы.

ЕСМ включает в себя стратегии, инструменты, процессы и навыки с помощью которых организациям необходимо управлять информационными активами на протяжении их жизненного цикла. Одной из лидеров ЕСМ-систем является Filenet, разработанная компанией IBM. В статье описаны технические характеристики и описание модулей IBM Filenet. Также рассматривается выбор IBM Filenet в качестве ЕСМ системы предприятия.

**Ключевые слова:** Управление контентом, Управление информацией, Управление знаниями, Управление ресурсами, Информационные системы управления, Управление технологиями, Информационные ресурсы.

Широкомасштабная автоматизация управленческой деятельности организации предполагает не простое использование средств документооборота для делопроизводства, но и применение специальных программных средств для генерации управляющих документов и материалов, их движения по подразделениям организации и контроля прохождения по всем инстанциям, что позволяет существенно оптимизировать принятие управленческих решений.

В любой организации существует 2 вида данных: структурированные и неструктурированные данные. Структурированные это такие данные, которые представлены в виде таблиц, записей и которые хранятся в учётных системах. Неструктурированные данные (или контент) это всё остальное, что может храниться. Обычно это набор файлов и папок, расположенных на локальных и сетевых дисках, на сайтах в интернете.

Для управления структурированными данными существуют учетные системы. Управление неструктурированными данными занимается отдельный класс систем. Так как принято называть не структурированные данные корпоративным контентом (Enterprise Content), то и системы по управлению таким видом контента называются ЕСМ (Enterprise Content Management) [1].

В отличие от ЕСМ, СЭДО (системы электронного документооборота) - это слишком общее понятие, в которое включают системы, автоматизирующие организационно-распорядительный документооборот (регистрация входящих, исходящих, организационно-распорядительных документов) [2]. Такие системы ведут учёт документов и их исполнение. Это в большей степени, учётные системы, а не представители систем класса ЕСМ.

Во всех ЕСМ-системах имеется понятие репозитория - хранилища документов, папок и других объектов. Структура репозитория в подавляющем большинстве систем представляет иерархию объектов (кабинетов, папок, документов). Каждый объект репозитория состоит из атрибутов, которые хранятся в базе данных и, собственно, контента, который находится в служебном хранилище на файловой системе[3]. Некоторые объекты могут не иметь контента (например, папки или пользователи).

Одной из наиболее динамично развивающихся ЕСМ-систем является Filenet, разработанная компанией IBM. Она представляет собой ЕСМ-платформу с закрытым кодом. Эта платформа сама по себе не является системой электронного документооборота, но на основе этой платформы возможно такую систему построить, что, собственно и реализовано в IBM CPE (content platform engine). Filenet P8 (Standard и Enterprise) предназначен для размещения на частном сервере, IBM Bluemix - в облаке.

Выбор IBM Filenet в качестве ЕСМ-системы был обусловлен рядом факторов:

1. Высокая степень безопасности хранения данных;
2. Система имеет полный спектр инструментов для построения систем любой сложности;
3. IBM Filenet - мировой лидер ЕСМ, что позволяет использовать наработки вендора и сообщества при развитии системы, переложив на них большую часть затрат;
4. Система содержит самые современные функции, включая элементы корпоративных социальных сетей;
5. Стабильно работает по протоколу SharePoint через HTTPS;

Дополнительно к возможностям ЕСМ Filenet, интегрированы такие современные и востребованные возможности, как совместное календарное планирование, поддержка совещаний, управление кейсами (на этой технологии реализовано управление договорами), ЭЦП и др.

Кроме того, в FileNet есть возможность использовать такие готовые решения, как:

1. Filenet Content Engine - позиционируется как альтернатива SharePoint. Это средство совместной работы, разработки документов, проектов.
2. Filenet Case Manager - продукт IBM, предоставляющий богатые возможности по управлению бизнес процессами на платформах IBM FileNet P8.

Еще одним преимуществом Filenet является то, что она построена на современных Java-технологиях, таких как Spring, JSF, Hibernate, Lucene; новые версии будут использовать Spring Surf. Работа пользователей с системой осуществляется через браузер. Возможно также работать с файлами через проводник Windows, как с обычной сетевой папкой (протокол CIFS) или через FTP. Filenet является кроссплатформенным программным обеспечением (выпускаются сборки для Microsoft Win-



dows, Linux, Mac OS X; возможна самостоятельная компиляция исходников под OS/400 или OS/2). В качестве СУБД для свободной редакции поддерживаются IBM DB2, Oracle и Microsoft SQL Server.

Filenet включает в себя такие модули как : репозиторий контента, готовый к использованию веб-портал, CMS для управления и использования стандартным содержимым портала, интерфейс CIFS, предоставляющий совместимость с файловыми системами Microsoft Windows и Unix ОС через интернет, систему управления веб - контентом с возможностью виртуализации веб - приложений и статичных сайтов через Apache Tomcat[3].

Главными техническими особенностями Filenet являются:

- Использование виртуальной файловой системы для хранения содержимого.
- Поддержка jBPM для обеспечения управления бизнес-процессами включена в ядро системы.
- Использование собственного BPM-движка Case Manager для управления бизнес-процессами.
- Лучшая система полнотекстового поиска и индексирования.
- Поддержка обработка любых документов в форматах \*.docx (Microsoft Office), \*.ods (OpenOffice), во внутреннем XML- формате или формате \*.PDF. В модуле управления документами реализованы функциональные возможности системы контроля версий.

Filenet поддерживает следующие открытые стандарты и соглашения: Java Content Repository API (JSR 170), портлеты (JSR 168), протоколы Windows Share (SMB/CIFS), FTP, WebDAV, для аутентификации поддерживаются LDAP и Microsoft Active Directory, доступно внешнее API к системе с привязками для языка Java, реализованы провайдеры .NET, все функции системы доступны как веб-службы, поддерживается RSS для подписок, потоки операций моделируются на языке BPEL, заявляется полная поддержка OASIS-стандарта MIS 1.0.

Система, IBM Filenet, должна автоматизировать процессы управления контентом и охватывать полный жизненный цикл следующих видов документов:

- Входящей и исходящей корреспонденции, включая корреспонденцию из различных источников;
- Поручений и задач;
- Приказов и распоряжений;
- Запросов вышестоящих организаций;
- Хозяйственных договоров и связанных с ними документов, включая первичные документы;
- Документов по технике безопасности и охране труда;
- Кадровых договоров и приказов, договоров гражданско-правового характера и т.д.

Каждый тип документа ассоциирован с группой бизнес-процессов, которые снабжены административными регламентами, разработанными индивидуально для организации.

Данная система позволяет расширять свою функциональность с помощью модулей расширений. Модули могут содержать всё что угодно: и бизнес-логику, и стили страниц, и новые страницы, и расширения модели данных, и новые сервисы. Модули расширений могут работать с Filenet через ряд протоколов, лучше всего поддерживается протокол REST

Для интеграции с другим ПО, поддерживаются различные типы аутентификации, есть возможность соединять их в цепочки. Например, пользователь может попасть в систему с помощью Single sign-on. Если пытается подключиться неавторизованный пользователь, то IBM Filenet попытается его авторизовать (спросит имя пользователя и пароль, или сертификат, в зависимости от того, как настроена система).

В IBM Filenet очень гибкая модель данных, много возможностей для её расширения. Если вкратце, то стоит упомянуть что модель поддерживает множественное наследование (с помощью аспектов), причём динамическое, то есть в любой момент можно любому объекту добавить какой-либо аспект, и объект приобретает все свойства данного аспекта.

Доступ к данным и функциональности можно гибко настраивать. Система авторизации оперирует такими понятиями, как: объект данных, разрешение, пользователь, группа, роль. Роли назначаются пользователям и группам во время работы приложения, в том числе можно присваивать роли каскадно, на целое поддерево данных.

Filenet была выбран, как единственный вариант ESM-системы с хорошей enterprise-поддержкой, реализацией протокола SharePoint, наличием примеров внедрения с более тысячи пользователей.

В заключении, для организации, которые ищут решение для управления их бизнес-контентом на протяжении всего жизненного цикла, предлагается рассматривать решения для управления корпо-

ративным контентом IBM FileNet. IBM FileNet предоставляет лучшую общую функциональность, и более тактический лучший в своем классе подход.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Mark R. Gilbert, Karen M. Shegda, Kenneth Chin, Gavin Tay, Hanns Koehler- Krueener. Magic Quadrant for Enterprise Content Management, 2012 (англ.). G00237781. Gartner (18 October 2012).
- [2] ECM Enterprise Content Management, Ulrich Kampffmeyer. Hamburg 2006, ISBN 978-3-936534-09-8. Definition, history, architecture, components and ECM suites. Publication in English, French, and German.
- [3] [www.ibm.com/support/knowledgecenter](http://www.ibm.com/support/knowledgecenter)
- [4] Schekkerman, J. (2005) "Trends in Enterprise Architecture 2005: How are Organizations Progressing?" InTStute for Enterprise Architecture Developments, Report of the Third Measurement, Web-form Based Survey, September.
- [5] Schekkerman, J. (2010), "STREAM - A Successful and Pragmatic 'Managed Diversity' Enterprise Architecture Approach", IEFAD/Logica Consulting.
- [6] Vaidyanathan, S. (2005) "EA in the Context of Organizational Strategy", BPTrends.

Нұржақып Е.Е.

#### **IBM filenet корпоративтік контентті басқару жүйесінің сипаттамасы**

**Түйіндеме.** Кәсіпорынның контентін басқару (ЕСМ) - ұйымның барлық ақпараттарын, соның ішінде қағаз құжаттарын, деректерді, есептерді, веб-парақтарды және сандық құралдарды басқаруға арналған кешенді тәсіл.

ЕСМ өздерінің өмірлік циклі бойынша ақпараттық активтерді басқаруды қажет ететін стратегияларды, құралдарды, процестерді және дағдыларды қамтиды. ЕСМ-жүйелерінің көшбасшыларының бірі - ІМВ әзірлеген Filenet болып табылады. Мақала ІМВ Filenet техникалық сипаттамалары мен модулдері сипатталады. Сондай-ақ, ІМВ Filenet жүйесін ЕСМ корпоративтік жүйесі ретінде таңдау қарастырылған.

**Кілт сөздер:** Мазмұнды басқару, Ақпаратты басқару, Білімді басқару, Дерек қор басқару, Басқару ақпараттық жүйелер, Технологияны басқару, Ақпараттық қорлар.

Нұржақып Е.Е.

#### **Characteristics of control system of corporate content IBM filenet**

**Summary.** Enterprise content management (ECM) is an integrated approach to managing all of an organization's information including paper documents, data, reports, web pages, and digital assets.

ECM includes strategies, tools, processes and skills through which organizations need to manage the information asset throughout their life cycle. One of the leaders of ECM-systems is Filenet, developed by IBM. The article describes the technical characteristics and description of IBM Filenet modules. Also, the argument for selecting IBM Filenet as an enterprise system ECM is considered.

**Keywords:** Content management, Information management, Knowledge management, Resource management, Management information systems, Technology management, Information resources.

УДК 004.891

**И.М. Увалиева, Ж.Ж. Нурумов, Б.С. Смаканов**

(ВКГТУ им. Д. Серикбаева,  
Усть-Каменогорск, Республика Казахстан)

#### **РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ**

**Аннотация.** Вопрос о проектировании и создании интеллектуальных систем для диагностики транспортных средств является актуальным и практически значимым. В рамках данной статьи предложена модель диагностики легкого автомобиля на основе базы правил механических неисправностей. Спроектирована база данных, построены правила правил, разработана архитектура программного взаимодействия и описана программная реализация экспертной системы диагностики механических неисправностей легкого автомобиля.

**Ключевые слова:** диагностика, база правил, экспертная система, модель диагностики, диагностика автомобиля.

**Введение**

Современный автомобиль представляет собой результат глубокого синтеза механики и электроники, т.е. то, что в настоящее время называют мехатронными системами, которые объединяют механические, электронные и информационные технологии. В области автомобильной мехатроники в ближайшее время следует ожидать миниатюризацию систем на основе применения средств микроэлектроники. В частности, будет продолжаться увеличиваться использование интеллектуальных микроэлектронных автомобильных датчиков. Таким образом, современные автомобили представляют собой сложнейшие электронные системы управления, системы автомобиля «напичканы» электроникой не меньше. При выходе из строя какого-либо механизма или датчика, определить и локализовать такую поломку, не имея необходимого современного дорогостоящего оборудования для проведения диагностики, практически невозможно. В следствии этого необходимо за невысокую стоимость разработать новую высокоэффективную систему, которая будет определять достаточно точную причину поломки автомобиля учитывая все имеющиеся механические неисправности в момент диагностики.

Объектом исследования являются элементы современной автомобильной электроники. Предметом исследования были выбраны автомобильные датчики различных типов и назначений: датчик концентрации кислорода, датчик детонации, датчик температуры охлаждающей жидкости, датчики параметрического типа.

Цель исследования - разработка интеллектуальной системы диагностики автомобилей.

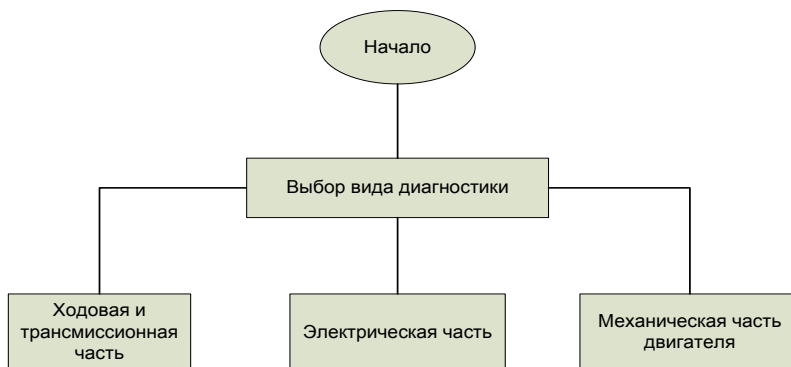
Решение поставленных в исследовании задач осуществлялось известными методами обнаружения источников сбоев в элементах стационарных ЭВМ применительно к элементам и системам автомобильной электроники. На основе проведения экспериментальных исследований различных типов элементов (датчиков) автомобильной электроники использовались методы статистического анализа, временные, а также частотные и комбинированные методы.

**Процессы технического осмотра автомобилей**

Техническое обслуживание – плановые, принудительные профилактические действия, которые проводятся в целях поддержания транспорта в исправном состоянии.

Станция технического обслуживания (СТО) — предприятие, предоставляющее услуги населению и/или организациям по плановому техническому обслуживанию, текущему и капитальному ремонтам, устранению поломок, установке дополнительного оборудования (тюнингу), восстановительному (кузовному) ремонту автомобилей. СТО представляет собой комплекс сооружений и механизмов (подъёмники, рихтовочные стелы, шиномонтажный станок, балансировка, стелд развала-схождения, установка для замены масла, промывки топливной системы, рихтовочное и покрасочно-сушильное оборудование, стелды и проверочники для диагностики электроцепей автомобиля), а также ручной и пневматический инструмент, собранные в одном месте для комплексного ремонта и обслуживания автомобилей.

Рост парка легковых автомобилей способствует дальнейшему размножению сетей СТО. В зависимости полной загрузки и эффективного использования высокопроизводительного оборудования увеличивается качество сервисного обслуживания станций. Основной трудностью в решении этой проблемы является поведение соответствующего автомобиля. Виды диагностики представлены на рисунке 1.



**Рис. 1.** Виды диагностики автомобилей

**Цель и задачи создания экспертной системы**

Целью создания экспертной системы является повышение эффективности диагностики механических дефектов в автомобиле на станции технического обслуживания с использованием набора правил, основанных на экспертных знаниях.

Для достижения этой цели были установлены следующие задачи и требования: сбор, изменение, удаление данных; формирование отчетов; выходные запросы; поиск необходимых данных; представление диагностических параметров механических неисправностей.

Особенность экспертной системы заключается не только в решении, но и в объяснении. Существует два типа объяснения:

- объяснения, полученные по запросу, то есть пользователь может в любое время потребовать от экспертной системы разъяснить свою собственную деятельность;
- объяснение решения проблемы, то есть приложение после принятия решения может потребовать от экспертной системы объяснить, как это решение принято.

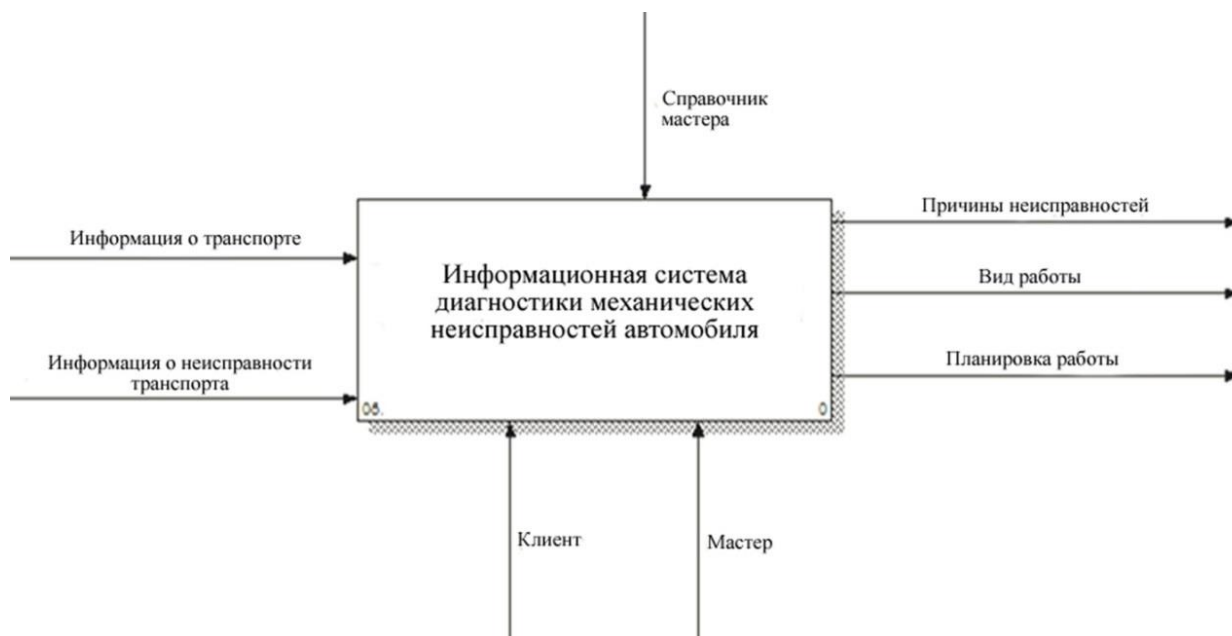
База знаний состоит из фактов, характеризующих механические недостатки и их логическую связь.

Самый популярный метод выражения знаний мастера станции технического обслуживания – это выражение в виде правил. Правило определяет, что делать в конкретном случае. Он состоит из двух частей: выполняемое или выполняемое условие и действия, осуществляемые при выполнении условий.

При описании предметной области методология IDEF0 поддерживает организационно-техническую структуру иерархического подчинения функций по принципу «снизу вверх» к сервису - вспомогательные услуги - вспомогательный процесс – операция - действие. Согласно методу IDEF0, каждая функция выполняется механизмом.

Диаграмма декомпозиции может быть сгенерирована для любого функционального блока в модели и может отображаться на отдельной странице. Каждый график представляет собой блок описания системы и помещается на отдельный лист.

Контекстная диаграмма диагностики показана на рисунке 2.



**Рис. 2.** Контекстная диаграмма диагностики автомобилей

Диаграмма декомпозиции показана на рисунке 3.

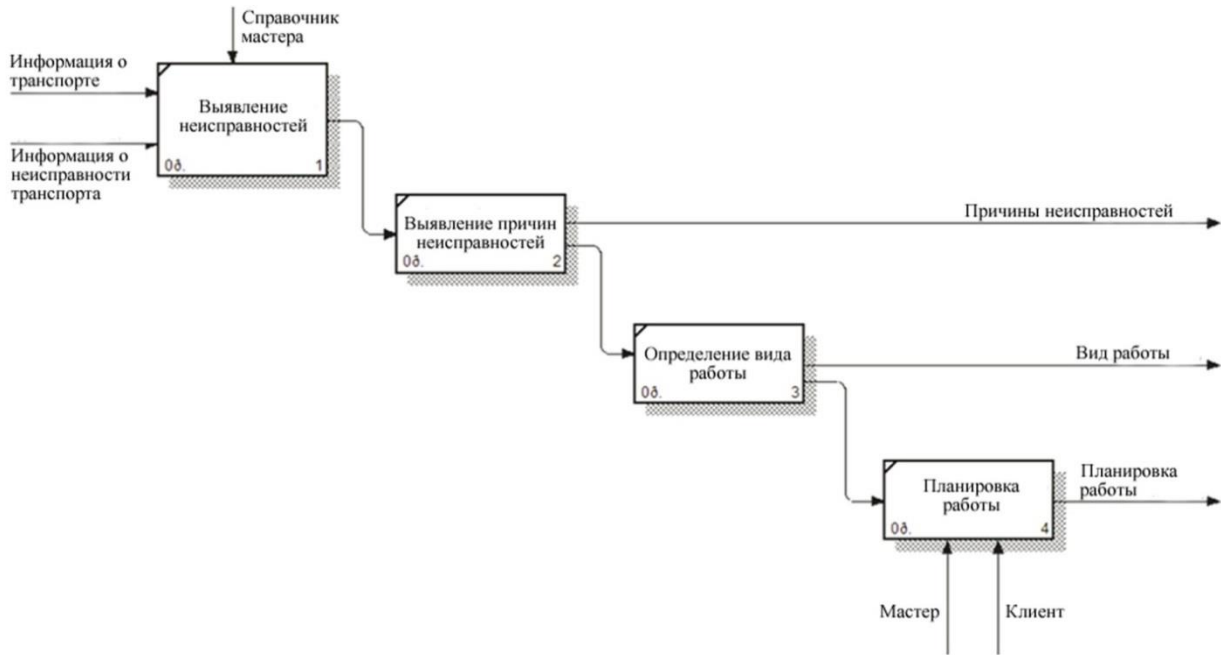


Рис. 3. Функциональная дисограмма диагностики автомобилей

Модель данных – совокупность методов и инструментарий для определения логической структуры данных и динамических изменений в их моделях для моделирования некоторых реалистичных процессов и явлений.

Анализ «конечное значение-связь» на следующем рисунке (Рисунок 4).

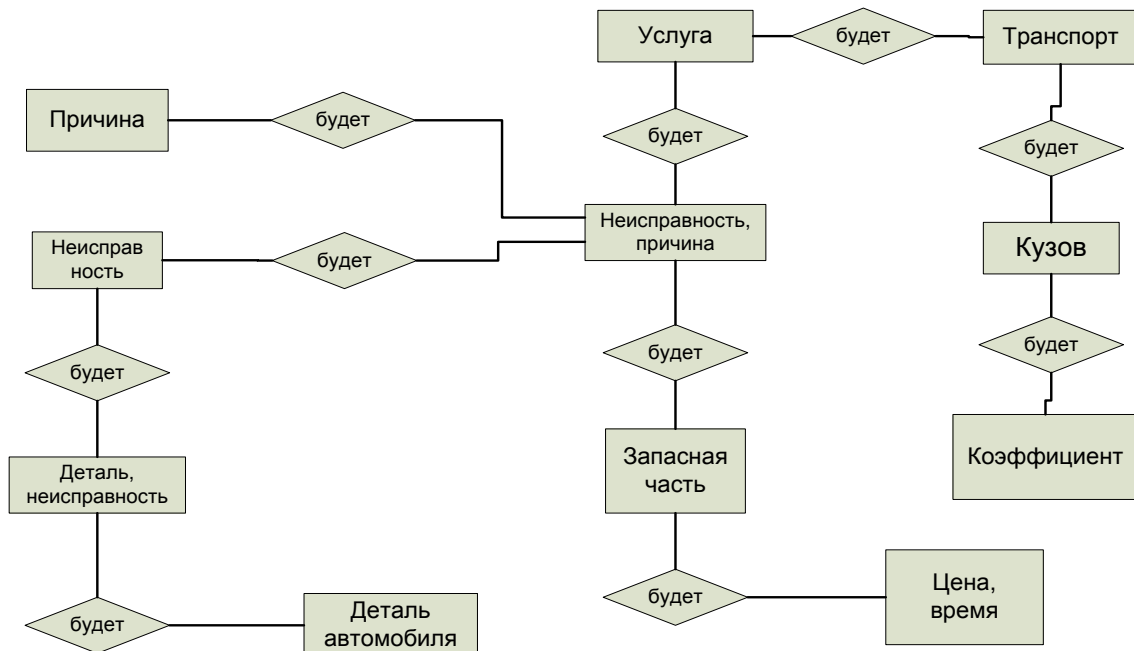
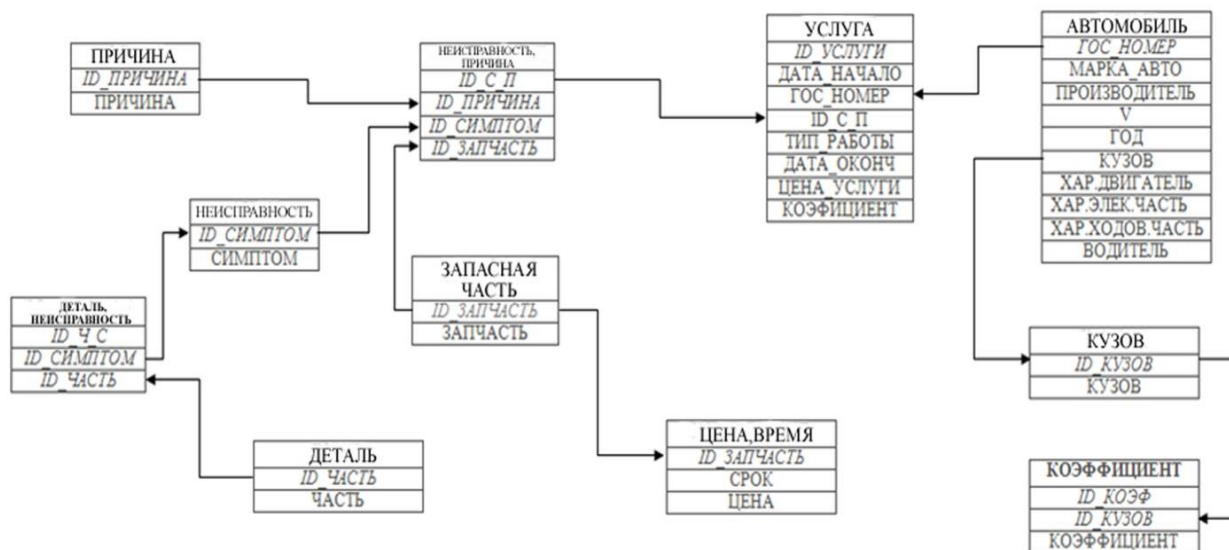


Рис. 4. ER-модель

Изучаемые информационные объекты можно отобразить соответствующими атрибутами следующим образом, в каждом случае необходимо выделять ключи, то есть атрибуты должны быть помещены в нужную таблицу. Даталогическая модель базы данных показана на рисунке 5.



**Рис. 5.** Даталогическая модель базы данных

Система управления базами данных разработана на Microsoft SQL Server 2014. Логическая структура базы данных определяет структуру таблицы, отношения между ними, список пользователей, хранимые процедуры, правила и другие формы базы данных.

**Аналитическая функция экспертной системы**

Аналитическая функция экспертной системы основана на базе правил. Основной целью аналитики является предоставление информационной поддержки лицу для диагностики или принятия решений с использованием базы знаний и правил. База знаний представляет собой ядро экспертной системы, набор знаний определенной отрасли записанной на машинном носителе в понятной форме для пользователя и эксперта.

Диагностика - исправление ошибок в любой системе. Ошибка - отклонение от нормы. Основными проблемами являются инверсия учетов «упущение» рискованной ситуации и «ложного срабатывания». Сложность этих проблем неясность симптомов опасной ситуации и учет времени.

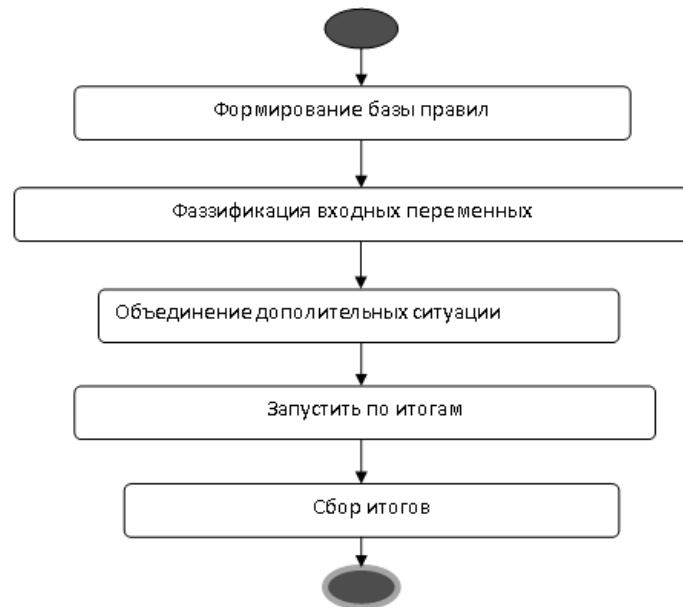
Результаты работы экспертных систем, промежуточных гипотез записываются на досках объявлений в виде планов, предложений, решений. В плане описываются методы решения проблем экспертных систем. Текущий план состоит из таких элементов, как цели и ситуации. Предложение содержит информацию о возможных выполняемых действиях, которые соответствуют правилам в базе знаний. Решения - это гипотезы, зависимости, которые связывают одно решение со вторым решением, и возможные решения.

Интерпретатор базы знаний определяет, какое предложение следует обработать и выполняет предложение в соответствии с правилами базы знаний. В общем, интерпретатор связывает выполнение условий применения правил, с переменными этих условий на панели уведомлений и вносит изменения, которые определяются этим правилом на панели уведомлений.

Операций процессов, которые неочевидны при выходе как услуга, проиллюстрированы на схеме диаграммы языка UML (рисунок 6).

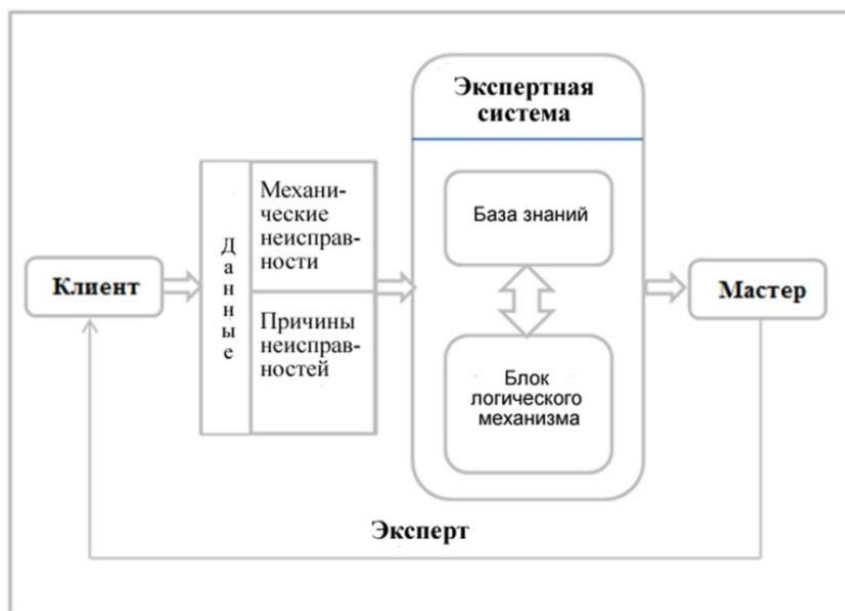
Существует множество правил в базе правил аналитической функции экспертной системы. К примеру, можно рассмотреть следующее правило:

*Правило 1. If Деталь автомобиля=«Механическая часть двигателя»  
and Признак неисправности = «Утечка масла двигателя»  
then  
Begin Причина неисправности =«Износ масляных колец и колпачков»  
Длительность ремонта = 8 часов  
Стоимость ремонта =60000 \*k тенге  
end*



**Рис. 6.** UML диаграмма процессов

По структуре экспертная система состоит из двух компонентов - базы знаний и логического механизма. Основным компонентом экспертной системы является база знаний, накопленная из основных фактов об объеме исследовательского участка, собранной у специалистов, специальных информационно-справочных и нормативных документов (рисунок 7).



**Рис. 7.** Обобщенная схема архитектуры экспертной системы



## • Технические науки

В экспертных системах результат обычно получают из заранее накопленной базы знаний и контрольных результатов при входе в систему с использованием любых логических правил формата IF-THEN. То есть, на выходе системы, в результате интерпретации через механизм логического решения накапливается новая база знаний.

*Межпрограммное взаимодействие между базой данных и клиентским приложением осуществляется по технологии ADO.Net, как показано на рисунке 8.*

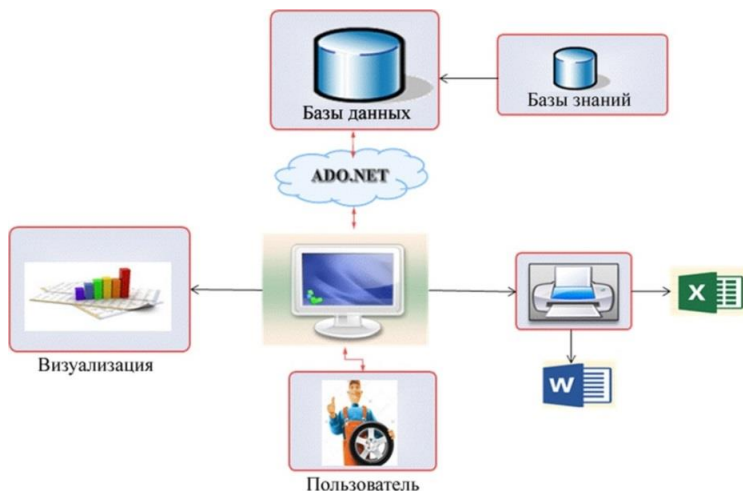


Рис. 8. Схема межпрограммного взаимодействия

Сервер БД – MS SQL Server 2014; клиентское приложение - Win.64; БД и клиентское приложение взаимодействуют через технологию ADO.Net. Результат выводится в Excel и Word и визуализируется. Основным фундаментом всей системы являются СУБД. Осуществляется прямое управление БД.

Описание результаты практического тестирования программного обеспечения информационных систем

Целью исследования является создание экспертной системы диагностики автомобиля. Использование такой системы дает возможность выяснить причину неисправности, время работы и ее цену, по имеющимся дефектам автомобиля. Кроме того, это приложение работает с информацией, разработанной в среде базе данных MS SQL Server 2014.

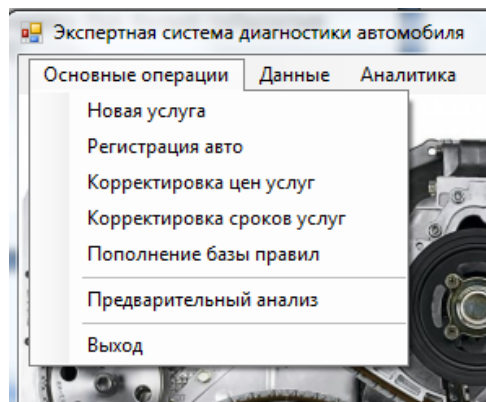
Главное окно программы экспертной системы показано на рисунке 9.



Рис. 9. Экспертная система диагностики автомобиля

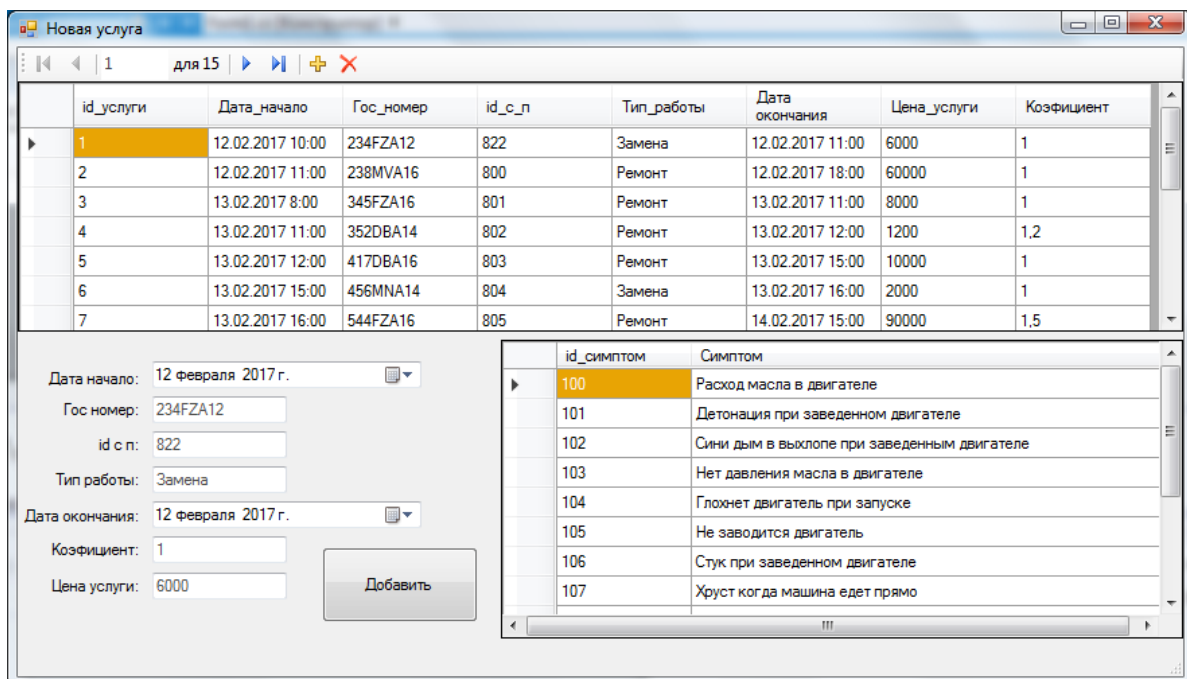
Как показано на рисунке, окно содержит список главное меню и основных кнопок. Основные команды меню:

- Основные операции - это команда, которая выполняет основные процессы программы. Меню «Основные операции» показано на рисунке 10.



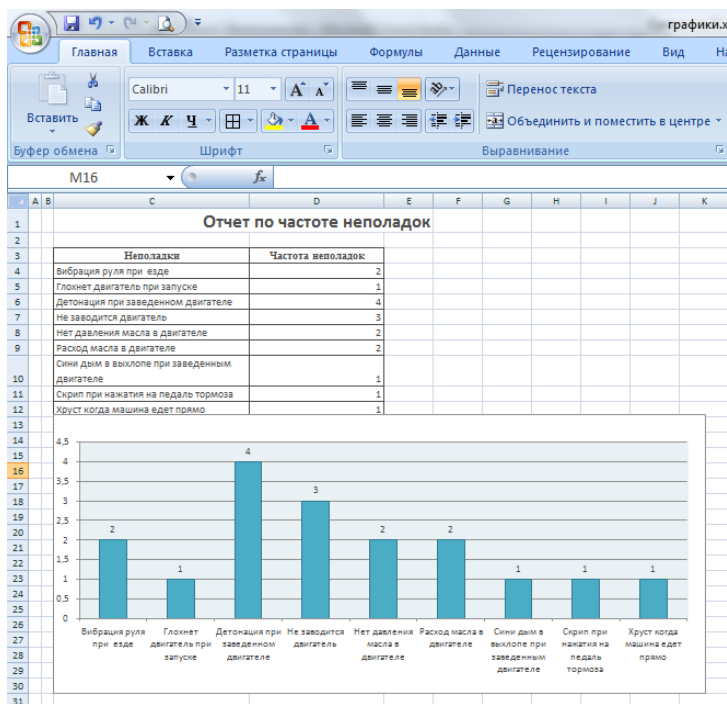
**Рис. 10.** Меню «Основные операции»

Меню «Новая услуга» является окном обслуживания автомобиля, прибывшего в центр технического обслуживания. В этом окне отображается информация о транспорте, его недостатки, причины сбоя, время работы и цена. Окно «Новая услуга» показано на рисунке 11.



**Рис. 11.** Окно «Новая услуга»

Если выбрать ссылку «Отчеты по неисправностям», отобразиться наиболее частые неполадки. Отчет показан на рисунке 12.



**Рис. 12.** Отчет по частоте неполадок

### Заключение

В ходе исследования возможно проводить отчеты любой предметной области на платформе автоматизированного программного обеспечения. Предполагаемые результаты работы обеспечиваются математическим моделированием данных на основе реляционной модели. Базы данных, созданной на определенном языке, возвращает ответ на любой запрос на основании схемы БД и конкретных данных.

В статье описана модель диагностики легкого автомобиля на основе базы правил механических неисправностей. Спроектирована база данных, построены правила правил, разработана архитектура программного взаимодействия и описана программная реализация экспертной системы диагностики механических неисправностей легкого автомобиля.

### ЛИТЕАТУРА

[1] Беднарский, В.В. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебник / В.В. Беднарский. - Рн/Д: Феникс, 2007. - 456 с.

[2] Виноградов, В.М. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей. Основные и вспомогательные технологические процессы: Лабораторный практикум: Учебное пособие для студ. учреждений сред. проф. образования / В.М. Виноградов, О.В. Храмцова. - М.: ИЦ Академия, 2013. - 176 с.

[3] Виноградов, В.М. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей. Механизмы и приспособления: Учебное пособие / В.М. Виноградов, И.В. Бухтеева, А.А. Черепакхин. - М.: Форум, 2010. - 272 с.

[4] Виноградов, В.М. Технология ремонта автомобилей / В.М. Виноградов. - М.: МГИУ, 2010. - 190 с.

[5] Волгин, В. Ремонт двигателя своими руками. 68 моделей автомобилей "ВАЗ" / В. Волгин. - СПб.: Питер, 2010. - 208 с.

[6] Епифанов, Л.И. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей: Учебное пособие / Л.И. Епифанов, Е.А. Епифанова. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 352 с.

[7] Иванов, В.П. Ремонт автомобилей: Учебное пособие / В.П. Иванов. - Минск: Вышэйшая школа, 2009. - 383 с.

[8] Карагодин, В.И. Ремонт автомобилей и двигателей / В.И. Карагодин, Н.Н. Митрохин. - Вологда: Инфра-Инженерия, 2015. - 496 с.

[9] Мылов, А.А. Основы ремонта автомобилей: Учебное пособие / А.А. Мылов. - М.: МГИУ, 2010. - 124 с.

[10] Сарбаев, В.И. Механизация производственных процессов технического обслуживания и ремонта автомобилей / В.И. Сарбаев. - М.: МГИУ, 2006. - 284 с.

[11] Туревский, И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Т. 2. Организация хранения, технического обслуживания и ремонта автомобильного транспорта: Учебное пособие / И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 256 с.

[12] Туревский, И.С. Техническое обслуживание автомобилей. Т. 1. Техническое обслуживание и текущий ремонт автомобилей: Учебное пособие / И.С. Туревский. - М.: ИД ФОРУМ, НИЦ ИНФРА-М, 2013. - 432 с.

Увалиева И.М., Нурумов Ж.Ж., Смаканов Б.С.

#### **Автокөлікті диагностикалау үлгісін құру және зерттеу**

**Түйіндеме.** Көлік құралдарын диагностикалауға арналған жобалау және құру мәселелері өзекті және практикалық маңызы бар. Бұл мақалада механикалық ақаулардың ережелер базасына негізделген диагностикалаудық модель ұсынылған. Деректер базасы жобаланды, ережелер базасы жасалды, бағдарламаарлық әрекеттесу ахитектурасы құрылды және жеңіл автокөліктің механикалық ақауларын диагностикалаудың эксперттік жүйесінің бағдарламалық қолданбасы сипатталды.

**Кілтті сөздер:** диагностика, ережелер базасы, эксперттік жүйе, диагностикалау моделі, автокөлікті диагностикалау.

Uvalieva I.M., Nurumov Zh.Zh., Smakanov B.S.

#### **Development and implementation of automobile diagnosis model**

**Summary.** The question of designing and creating intelligent systems for the diagnosis of vehicles is topical and practically meaningful. In this article, a model for diagnosing a light car based on the rules of mechanical faults is proposed. A database was designed, rule rules were constructed, a software interaction architecture was developed, and a software implementation of the expert system for diagnosing mechanical malfunctions in a light car was described.

**Key words:** diagnostics, rules base, expert system, diagnostics model, car diagnostics.

УДК 339.18 (043)

**А.В. Садыбек**

(Казахский национальный исследовательский технический университет им. К.И. Сатпаева

Алматы, Республика Казахстан

<mailto:bvtk.11.1@gmail.com>)

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОТОКОЛОВ**

**Аннотация.** В данной работе рассматривается технология создания версии электронного административного протокола для департамента внутренних дел. Проектируемая информационная система, создается на базе технологий корпоративных вычислительных сетей и предназначена для информационной поддержки мероприятий ГОР ГАИ, на основе базы автоматизированный интеграционный поисковой системы с интеграцией на версии электронного административного протокола.

**Ключевые слова:** Управление информацией, Информационные системы управления, Информационные системы, Интеграция, Автоматизация.

В настоящее время в стране созданы тысячи информационных систем различного уровня и назначения, ориентированных на решение локальных задач. Однако, возрастающие потребности граждан, организаций и предприятий в получении качественной и разнообразной информации требуют объединения (локальных) информационных систем — интеграции систем. При этом интеграция, решая проблемы поиска информации и доступа к распределенным локальным информационным ресурсам, позволяет пользователю рассматривать совокупность локальных систем как единую систему, с унифицированными возможностями по предоставлению требуемых сервисов [3].

Интеграция локальных информационных систем является, в настоящее время и на ближайшую перспективу, одной из актуальных задач, решение которой позволит создать единое информационное пространство, обеспечить доступ пользователей к необходимым информационным ресурсам [5].

Однако, разнородность локальных систем по структуре хранимой информации, программно-аппаратным платформам реализации, организации доступа пользователей к данным и другим параметрам, территориальная распределенность информационных ресурсов и пользователей, делают практически невозможным разработку и применение единого универсального подхода (схемы) к решению задач интеграции. Как правило, для выбора эффективной схемы интеграции и механизмов ее реализации, требуется детальное изучение особенностей объединяемых систем и решаемых интегри-

рованной системой задач [4]. Поэтому, разработчикам и администраторам интегрированных информационных систем требуются не только средства проведения интеграции, но и методы оценки ее результатов, обеспечивающие возможность построения высокоэффективных интегрированных распределенных информационных систем.

При создании системы протоколов возникают две важнейших задачи, без решения которых невозможен процесс полноценной интеграции региональных систем - использование объектных методов проектирования при создании нормативно-справочной баз данных, а также создание инфраструктуры корпоративной сети.

Первая из них связана с несовершенством нормативно-справочной базы систем. Без нормативно-справочного обеспечения никакого сопряжения любых систем (Розыск, РЭП и т.д.) не добиться. Стандартизация и унификация - важнейшая задача, которая до настоящего времени фактически находится в запущенном состоянии и в значительной степени затрудняет реализацию задач, а также межрегионального взаимодействия.

Вторая из этих задач - формирование региональных информационных ресурсов и обеспечение к ним доступа из других информационных систем. В этом случае возрастает роль выработки решений, обеспечивающих сопряжение региональных систем. При этом целесообразно активизировать внедрение (на основе уже апробированных решений) региональных систем, в первую очередь связанных с реализацией упомянутых функций.

Как правило, при объединении систем в сеть эффективность информационной деятельности повышается путем устранения непроизводительного дублирования процессов обработки и хранения информации. Информационная сеть в отличие от интеграции может не иметь единого органа управления ее функционированием. Координация деятельности элементов сети обеспечивается системой принципов и соглашений, устанавливаемых на двусторонней или многосторонней основе.

Взаимодействие информационной системы означает такой режим функционирования, при котором состояния входов, выходов, процессов и массивов одной ИС определяются состоянием входов, выходов, процессов и массивов других ИС сети.

Каждая ИС может иметь большое разнообразие входов, выходов, массивов и режимов работы. В частности, ИС может функционировать в режиме подготовки и выпуска информационных изданий в режиме избирательного распространения информации (ИРИ) и в режиме «запрос-ответ» [1]. ИС может подготавливать и поставлять другим ИС программы обработки и поиска информации, тезаурусы, фрагменты массивов и т. д.

Взаимодействие ИС между собой предполагает:

– существование канала связи между ИС, обеспечивающего физическую возможность передачи исходных, промежуточных или конечных продуктов ИС;

– существование договоренности между ИС, регламентирующей процессы их функционирования.

Имеются следующие варианты передачи входных, промежуточных и выходных продуктов между ИС:

– обмен массивами первичных документов, вторичных документов, поисковых образов (ПО) документов;

– обмен заданиями (запросами на информационное обслуживание) в форме исходных текстов и поисковых образов заданий (ПОЗ);

– обмен программами ввода, обработки и поиска информации;

– обмен тезаурусами.

Указанные формы обмена продуктами ИС могут быть реализованы:

– в виде печатных документов;

– на машинных носителях;

– по каналам связи (телефону, телеграфу, телетайпу и т. д.).

Приведенные варианты передачи продуктов ИС соответствуют формам взаимодействия ИС по входам (обмен массивами), выходам (обмен заданиями) и процессам (обмен программами и тезаурусами) [2].

Информационная система может обрабатывать/перерабатывать только ту информацию, которая в нее введена. Качество работы ИС определяется ее способностью не только находить и перерабатывать нужную информацию в собственном массиве и выдавать ее пользователю, но и отбирать релевантную информацию из внешней среды. Такой отбор осуществляет подсистема отбора инфор-

мации, которая накапливает данные об информации потребностях пользователей ИС (внутренних и внешних), анализирует и упорядочивает эти данные, образуя информационный профиль ИС. Аналогично на основании данных о потоках информационной среды формируется описание входных потоков информации.

Анализ показывает, что функции ИС с точки зрения возможностей алгоритмизации можно разбить на три категории:

а) жесткоструктурируемые (ввод, обработка, хранение информации), выполнение которых не связано с затратами интеллектуального труда и легко алгоритмируются;

б) слабоструктурируемые (поиск и переработка информации, учет и анализ потребностей, анализ потоков информации и т. д.), выполнение которых можно алгоритмизировать без существенных потерь в качестве их выполнения;

в) неструктурируемые функции, требующие для своего выполнения существенных интеллектуальных затрат. Алгоритмизация этих функций приводит к невосполнимым потерям в качестве их выполнения. Эти функции связаны с научным анализом и/или синтезом информации, оценкой уровня продукции, прогнозированием развития различных направлений науки и техники.

Если с этих позиций рассмотреть функции подсистем ИС, то нетрудно будет увидеть, что большинство жесткоструктурируемых функций сосредоточено в подсистеме ввода, обработки и хранения информации. Две другие подсистемы связаны с реализацией в основном слабоструктурируемых и неструктурируемых функций [6].

В заключении, создание систем электронного административного протокола позволит не только автоматизировать процесс, но и существенно сократить расходы на денежные средства, повысить скорость и уменьшить вероятность ошибок в подсчете сумм, общих количеств составленных нарушений. Подобная система должна отвечать ряду требований.

1. Предотвращение возможности дублирования штрафа.
2. Обеспечение строгой однозначной идентификации.
3. Обеспечение достоверности переданных сообщений (например, использование электронно-цифровых подписей).
4. Обеспечение корректности подсчета конечного результата.
5. Обеспечение возможности проверки гражданином, об поступление штрафа в базу через идентификацию.
6. Обеспечение работоспособности.
7. Обеспечение бесперебойной работы программно-технических средств.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Гаскаров, С. З. Интеллектуальные информационные системы: учебник для вузов / С. З. Гаскаров. - М. : Высш. шк., 2003. - 431 с.
- [2] В.В. Борщев, Всероссийский институт научной и технической информации РАН Научно-техническая информация. Сер. 2. Информационные процессы и системы. - 2008. - № 6. - С. 22-36.
- [3] Автоматизация управления предприятием / Баронов В.В. и др. - М.: ИНФРА-М, 2000.
- [4] Ахунов А.Н. Интеграция информации в реляционных базах данных на основе виртуального репозитория. Диссертация кандидата технических наук 05.13.11. - Уфа: 2004. - 125 с. ил.
- [5] Автоматизация распараллеливания программ / Марлей В.Е., Воробьев
- [6] Крылов Р.А., Петров М.Ю., Быков Я.А. // Тр. СПИИРАН - СПб.: Институт информатики и автоматизации РАН. — 2005. — Т. 2, Вып. 2. —101-110

Садыбек А.В.

#### **Электрондық хаттама жүйесінің сипаттамасы**

**Түйіндеме.** Осы мақалада ІІД үшін электрондық әкімшілік хаттама нұсқасын жасау технологиясы қарастырылған. Жоспарланған ақпараттық жүйе корпоративті компьютерлік желілердің технологиялары негізінде құрылады және автоматтандырылған интеграциялық іздеу жүйесі негізінде электрондық әкімшілік хаттаманың нұсқаларына негізделген GOR GAI әрекеттерін ақпараттық қолдау үшін арналған.

**Кілт сөздер:** Ақпаратты басқару, Дерек қор басқару, Басқару ақпараттық жүйелер, Ақпараттық жүйелер, Интеграциялау Автоматтандыру.

Садыбек А.В.

**Characteristics of the electronic protocol system**

**Summary.** In this paper, the technology of creating an electronic administrative protocol version for the Department of Internal Affairs is considered. The projected information system is created on the basis of the technologies of corporate computer networks and is intended for informational support of the actions of the GOR GAI, based on the base of the automated integration search system with integration into the versions of the electronic administrative protocol.

**Keywords:** Information management, Management information systems, Information resources, Information system, Automated, Integration.

ӘОЖ 631.95:574.3

**Ә.С. Сейітқазиев, К.Қ. Шилибек**

(М.Х.Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті ([adeubai@mail.ru](mailto:adeubai@mail.ru)))

**ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ГИДРОДИНАМИКА ӘДІСІМЕН МЕЛИОРАТИВТІК – ГИДРОХИМИЯ МӘЛІМЕТТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ**

**Тұжырым.** Мақалада жергілкті жердің метеобекет мәліметтері, ауыл шаруашылық дақылдарының түрі, топырақтың сулы-физикалық, химиялық қасиеттері, зеттеу аймағының гидрогеологиясы негізінде тұзанған топырақтың сулы-тұзды жағдайының қалыптасу мерзімдері анықталады.

**Түйінді сөздер:** Гидродинамика әдісі, Физикалық модельдеу, гидрогеологиялық жағдайы, буланғыштық, топырақтың дымқылдануы.

Суғармалы егістік танаптаптарына зерттеу жүргізу кезінде, әсіресе, суландыру сулары мен топырақ кеуегіндегі сулардың ионды-тұзды құрамын болжамдауға, төмендегі әдістемеліктер пайдаланылады: тұз тепе-теңдігі, физикалық модельдеу, физикалық-химиялық гидродинамикасы, статистикалық (есепсанақтық). Барлық әдістерде өсімдік тамыры жайылған есептеу қабаттарындағы су-тұз алмасуларының тұз тасымалдау тетіктерінің физикалық-химиялық құбылыстарының ерекшеліктері қарастырылады.

Әдістеменің ішінде физикалық-химиялық гидродинамикалық жағдайын қарастырайық. Мұндағы ионды-тұздарды болжау үшін су-тұз алмасуларының қалыпты және қалыпсыз жағдайларын қарастырайық.

Суғару кезінде ауаландыру аймағындағы тәжірибелердегі бақылауда ерітінділердің біркелкі қозғалыс жағдайындағы теңдеу [1-5,7]:

$$\frac{dC}{dt} = -D\phi \frac{d^2C}{dx^2} + V \frac{dC}{dx} + \alpha(C - C_H), \quad (1)$$

Суғару мерзімі аралығында су-тұз алмасуларын реттеудің ең тиімді шешімдерін анықтау үшін, зерттеу танабындағы геологиялық және гидрогеологиялық жағдайларына негізделіп, төмендегі нәтижелерді береміз. Ең алдымен ауаландыру аймағында топырақтың тұздануына байланысты ондағы кеуектілік ерітіндісіндегі минералдылық тең [1-5,8-10]:

$$C = (C_0 + \frac{C_2 V_2}{V_1 - V_2}) \exp \frac{X_1 - X}{\lambda} - \frac{C_2 V_2}{V_1 - V_2}, \quad (2)$$

мұндағы  $\lambda$ -дисперсиялық сүзілу жылдамдығы, ол тең:

$$\lambda = \frac{D_\phi \cdot (W_{\text{тыс}} - W_r)}{V_1 - V_2}, \text{ немесе } \lambda = D_{\phi.n} / V_1 - V_2,$$

Келген судың көлеміне, сондай-ақ ерітіндіде болатын жылдамдықтарды ескеріп, топырақ бетіндегі кеуектілік ( $C_{т.б.}$ ) ерітіндісінің минералдылығы:



$$C_{T-B} = (C_0 + \frac{C_2 V_2}{V_1 - V_2}) \exp \frac{X_1 - X}{\lambda} - \frac{C_2 V_2}{V_1 - V_2}, \quad (3)$$

Топырақтың тектік кеуектілігіндегі ерітіндісінің орташа минералдылығы:

$$C_{OP} = \frac{\lambda(V_1 C_0 - V_2 C + V_2 C_2)}{X_1(V_1 - V_2)} \exp(\frac{X_1}{\lambda} - 1) - \frac{C_2 V_2}{V_1 - V_2}, \quad (4)$$

Есептеу қабатындағы белгілі бір уақыт аралығындағы топырақтық су-тұз алмасуларының бір қалыпқа келудегі жағдайы тең:

$$t = \frac{C_{ap} \cdot X_1 \cdot n}{C_0(V_1 - V_2)}; \quad \text{немесе} \quad t = \frac{D\phi \cdot n^2 \cdot 10^{-1}}{(V_1 - V_2)^2 \cdot 365}, \quad (5)$$

Зерттеу танабында кездесетін топырақтардың жарамсыздануы, тозуы, ластануы, тұздануы, нәтижесінде егістік қорынан шығуы-тектік қабаттардағы (А, В, С және Д) қалыптасу жағдайларын терең зерттегендіктен, топырақтың сулы-физикалық, химиялық және биологиялық қасиеттерін дәйекті білмегендіктен болады. Әсіресе, топырақ қабаттарындағы ерітіндіге түскен тұздардың орын алмасуы, сонымен қатар, тұздардың аниондары мен катиондарының өзара байланысы, ерітіндіге түсу жағдайлары, тұздардың тиімділік деңгейін анықтау-болашақтағы топырақтың күйі мен ондағы биологиялық тіршілік келбетінің қалыптасуын болжамдауға мүмкіндік береді [11-15].

Ұсынып отырған мелиоративтік – гидрохимиялық тұрғыдағы математикалық модельдеу, шекті мүмкін және суландыру кезінде ыза суларының сынақты жағдайларын, суландыру суындағы иондардың шекті мүмкін болатын концентрацияларын, сонымен қатар, топырақтағы негізгі су мен тұздың көрсеткіштерін, ылғалдылықтың қанығуын және тұздың қанығу ылғалдылықтарын анықтауға мүмкіндік береді.

Өндірісте пайдалануға берілген жылдық (суғару немесе шаю) жер бетіне түскен жауынның көлеміне сәйкес оның жылдамдығы [1-5, 16-18]:

$$V_2 = \frac{A_T + M}{365 \cdot 10^4}, \quad (6)$$

мұндағы  $A_T$  жылдық тиімді жауынның мөлшері, мм;  $M$ -суландыру немесе шаю мөлшері,  $m^3/га$ .

Өсімдік бойымен булану (транспирация) болмаған жағдайда, ыза суының орналасу тереңдігіне байланысты, топырақ бетінен булану, болжамды тұрғыда танапты зерттеу барысында, суғармалы егіс танаптарындағы капиллярлық көмкермедегі су деңгейі ( $h_{кк}$ ) ыза суы деңгейінен ( $h_{БСД}$ )  $X_1$  үлке ( $h_{кк} > X_1$ ) болса, онда булану жылдамдығы ( $V_1$ ) [3]:

$$V_1 = V_0 \exp(-\alpha \frac{X_1}{h_{кк}}), \quad (7)$$

мұндағы  $\alpha$ -коэффициент,  $\alpha = \frac{X_1}{h_{кк}} \ln \frac{V_0}{V_1}$ ,  $V_0$ -жылдық булану, мм;  $V_1$ -буланғыштық (жылдық),

мм; ыза суы деңгейіндегі капиллярлық көмкерменің қалыңдығы -  $h_{кк}=3.6$ м; Ал ыза суының орналасу тереңдігі  $h_{БСД}=3.2$ м; Олай болса, мәндерін қойсақ: мәселен,  $h_{БСД}=3.2$ м,  $V_1=1.457/365=4 \cdot 10^{-3}$ м/сут;  $V_0=1.17/365=3.2 \cdot 10^{-3}$ м/сут, онда (7) теңдеуге сәйкес  $\alpha$ -ның шамасын:

$$\alpha = h_{БСД} / h_{кк} \ln V_0 / V_1 = 3.2 / 3.6 \ln 3.2 \cdot 10^{-3} / 4 \cdot 10^{-3} = 0.2;$$

Ендеше, топырақ бетінен булану жылдамдығын (7) теңдеу бойынша:

$$V_1 = 3.2 \cdot 10^{-3} \exp(-0.2 \cdot 3.2/4) = 2.74 \cdot 10^{-3} \text{ м/сут}$$

Зерттеу танаптарында дақылдардың өніп-өсу кезеңіндегі гидрометеорологиялық мәліметтерге негізделіп, 1-кестеде көрсетілгендей: дақылдардың өніп-өсу аралығындағы түскен жауынның көлемі тең:  $A_T = 172.8 \text{ мм} = 1728 \text{ м}^3/\text{га}$ ; Жылдық жауынның мөлшері:  $A = 327.4 \text{ мм} = 3274 \text{ м}^3/\text{га}$ . келген судың жылдық тиімді жауынның көлемі тең:

$$A_T = A - R_f, \quad A_T = A - R_i = 3274 - 433 = 2841 \text{ м}^3/\text{га}, \quad (8)$$

мұндағы,  $A$ -жалпы жауынның мөлшері,  $A_T$ -дақылдардың өніп-өсу аралығындағы түскен жауынның көлемі,  $\text{м}^3/\text{га}$ :  $A_T = 172.8 \text{ мм} = 1728 \text{ м}^3/\text{га}$ ;  $R_b$ -жер бетіндегі ағынның көлемі,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $R_b = 433 \text{ м}^3/\text{га}$ ; Тауетегі жартылай шөлейтті аймақ үшін:  $E = 9000 \text{ м}^3/\text{га}$ .  $M_1 = 7450 \text{ м}^3/\text{га}$  (Қант қызылшасы үшін).

1-кесте. Метеобекет «Төлеби» мәліметі 2013 жылы

Көрсеткіштер	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ауаның температурасы, $t, \text{C}^0$	-5.6	-2.1	9.3	13.2	18.3	23.1	25.2	23.7	19	11.6	3.1	-2.7
Жауын-шашын, $A, \text{мм}$	30.3	19.7	33.5	62.2	16.5	51.2	15.4	22.7	4.8	13.7	24.7	32.7
Ауаның салыстырмалы Ылғалдылығы, $a, \%$	75	74	63	58	49	46	46	47	45	57	69	79
Буланғыштық, $E_0, \text{мм}$	17	25	78	110	172	225	245	226	192	104	44	19

Суландыру мөлшері кестеде келтірілген:

$$M = E - A_T - \Delta W \pm q, \quad (9)$$

мұндағы,  $M$ -суландыру мөлшері,  $\text{м}^3/\text{га}$ ;  $E$ -жалпы суды пайдалану (Қажетсіну),  $\text{м}^3/\text{га}$ ; Төмендегі өрнекпен анықталады [4-5, 15-18]:

$$E = E_0 \cdot K_0 \cdot K_0, \quad (10)$$

мұндағы  $E_0$ - Н.Н. Иванов бойынша айлық мерзімдегі топырақ бетінен буланғыштық,  $\text{мм}$ ;  $K_0$ -микроклиматтық коэффициент;  $K_0$ -биологиялық коэффициент. Ал буланғыштық Н.Н. Иванов өрнегімен айлық мерзімдегі көрсеткіштер бойынша тең [4-5, 15-18]:

$$E_0 = 0,0018(25+t)^2(100-a), \quad (11)$$

мұндағы  $t$ -ауаның температурасы,  $\text{C}^0$ ,  $a$ -ауаның салыстырмалы ылғалдылығы,  $\%$ . 1-кестеде көрсетілген мәліметтер бойынша жылдық топырақ бетінен буланғыштық:  $E_0 = 1457 \text{ мм}$  немесе  $14570 \text{ м}^3/\text{га}$ . Ал, дақылдардың өніп-өсу кезеңіндегі буланғыштық:  $E_0 = 1170 \text{ мм}$  немесе  $11700 \text{ м}^3/\text{га}$ .

Қазақстанның табиғи аймақтары бойынша ауыл шаруашылық дақылдары үшін жалпы суды пайдалану (Қажетсіну), 95%-дық сумен қамтамасыздандыру мақсатында, мәселен, көп жылдық шөптер үшін:  $9500 \text{ м}^3/\text{га}$ , жартылай шөлейтті ( $K_d = 0.20-0.25$ ) аймақта: Қант қызылшасы -  $E = 7450 \text{ м}^3/\text{га}$ . Дәндік жүгері-  $E = 6050 \text{ м}^3/\text{га}$ ; көкөніс-  $E = 7600 \text{ м}^3/\text{га}$ ; суландыру мөлшерін есептеуде, ең төменгі ылғал сыйымдылығына сәйкес, қанығу процесіне дейінгі толық ылғалдың көлемі  $W = 3335 \text{ м}^3/\text{га}$ , ал суғару алдындағы көлем-  $2168 \text{ м}^3/\text{га}$ , яғни жалпы судың 65%-н құрайды. Айырмасы-  $1167 \text{ м}^3/\text{га}$ , суғаруға берілген көлем, ал бұл көлемнің 20-25%-ы ағызынды сулар, яғни  $q = 300 \text{ м}^3/\text{га}$ ; Олай болса суландыру мөлшері 2-кестеде келтірілген (6-15) формулаға негіздеп (қант қызылшасы ауыспалы егістігі бойынша) есептесек:

$$M = 7450 - 1728 - 1167 + 300 = 4855 \text{ м}^3/\text{га};$$

Алынған мәліметтер бойынша егістікке келген судың жылдамдығы(м/тәу):

$$V_2=1728+4855/365 \cdot 10^4=6583/365 \cdot 10^4=1.8 \cdot 10^{-3}.$$

Мәселен, зерттелетін аумақ (танап) үшін төмендегідей мәліметтер белгілі: булану 700 мм/ж, буланғыштық -1170 мм/ж, ыза суының капиллярлық көмкермедегі қалыңдығы -3.4 м. Ыза суының орналасу тереңдігі -3 м. Есептеу қабаты  $x_1=1.5$  м болғандағы  $V_1$ -ің мәнін табу керек.

1.  $V_1$  және  $V_0$  шамаларын есептеу:

$$V_1=0.70/365=1.92 \cdot 10^{-3} \text{ м/тәу}; V_0=1.17/365=3.2 \cdot 10^{-3} \text{ м/тәу};$$

2. (7) тендеуге сәйкес  $\alpha$ -ің шамасын анықтау:

$$\alpha=3.4/3 \ln 3.2 \cdot 10^{-3}/1.92 \cdot 10^{-3}=0.58.$$

3. (7) тендеуге сәйкес  $x_1=1.5$  м болғандағы  $V_1$ -дің мәнін табу:

$$V_1=3.2 \cdot 10^{-3} \exp(-0.58 \cdot 1.5/3.4)=2.49 \cdot 10^{-3} \text{ м/тәу}$$

Далалық зерттеу нәтижелерінен білетініміз, топырақтың ең төменгі ылғал сыйымдылығы (ЕТЫС), толық ылғал сыйымдылығының 55-75% құрайды. Бұл көрсеткіш топырақтың механикалық құрамына тікелей байланысты. Біздің зерттеуімізде орташа саздақты топырақ үшін 22-25% құрайды. Сонымен қатар, геожүйеде танапты суғару, шаю кезеңінде – топырақтағы нақты сүзілу коэффициентін анықтауды қажет етеді. Мәселен, шаю мөлшерлері 0,5-1,0 м аралығында топырақтың өтімді, тиімді кеуектіліктері белгілі болса, сондай-ақ, топырақ толық қанығу үрдісінде болған жағдайда:

да:  $V_H = \frac{N}{P_0}$ , Тұзданған жерлерді шаю кезіндегі  $N=0.5 \text{ м}=5000 \text{ м}^3/\text{га}$ , ал өтімді кеуектілігі 42% бол-

ғанда, формула бойынша  $V_H$ -нің мәні 0,012 м/тәу; табиғи және антропогендік жерлермен тұзданған жерлерді жақсарту кезінде көбінесе әр түрлі коэффициенттерді ( $\lambda$ ,  $D^*$ ,  $P_e$ ) анықтауды қажет етеді.

Топырақ кеңістігін және ыза суы деңгейлері үшін өсімдік бойымен булану (транспирация) болмаған жағдайда Пекле ( $P_e$ ) көрсеткіші:

$$P_e = \frac{V_1}{2(V_1 - V_2)} l_n \frac{C_b(V_1 - V_2) + C_2 V_2}{C_0(V_1 - V_2) + C_2 V_2}, \quad (12)$$

Табиғи жағдайдағы су-тұздың алмасуын өсімдік бойымен булану болмағандағы ылғалдың сіңірілу аймағы үшін төмендегідей мәліметтер берілді:  $h_{\text{БДСД}}=3.20 \text{ м}$ ,  $V_1=(1.63-2.49) \cdot 10^{-3} \text{ м/тәу}$ ,  $V_2=(0.84-1.8) \cdot 10^{-3} \text{ м/тәу}$ ,  $C_0=2.1-2.6 \text{ кг/м}^3$ ,  $C_2=0.65-1.2 \text{ кг/м}^3$ ,  $C_6=2.0-3.0 \text{ кг/м}^3$ ,  $n_0=0.38-0.42$ ; табу керек  $D^*$ ,  $P_e$  және  $\lambda$ . Қызылша егілген танап үшін 2-кестеде келтірілген. Мұндағы,  $C_0$  - БДСД-ң үстіңгі бетінің минералдылығы;  $C_6$ -топырақ бетіндегі кеңістік ерітіндісінің минералдылығы;  $C_2$ -топырақ бетіне сумен, атмосферадан келетін судың минералдылығы конвективті сүзілу диффузиясының коэффициенті тең:

$$D^* = \frac{V_1 h_{\text{БДСД}}}{2 P_0 P_e}, \quad (13)$$

Біздің негізгі мақсатымыз топырақ кеуектілігіндегі ерітіндіге түскен минералдықтарды анықтау. Олай болса, (2-5) формуладағы концентрациялардың мәні тең:  $C=1,85-2.4 \text{ кг/м}^3$ ;  $C_{\text{Т.Б.}}=0.62-2.6 \text{ кг/м}^3$ ;  $C_{\text{оп}}=0.78-2.42 \text{ кг/м}^3$ . Көрсетілген (2-5) және (6-14) формулалар негізінде, топырақтың су-тұз алмасуының, ыза суы деңгейлерінің орналасуына байланысты қалыпқа келу мерзімін анықтадық:  $t=0.87-5.1$  жыл.

2-кестеде келтірілген мәліметтерді жүйелі тұрғыда талдайтын болсақ: ауыл шаруашылық дақлдарының барлық түріне есеп жүргізуге болады. Ең алдымен көп жылдық метеобекеттердің ай сайынғы жылдық мәліметтері қажет-ақ, онда қазақстанның егіншілік алқаптарында өсіретін дақылдар үшін қамтамасыз ететін гидротермиялық алмасулардың қажетті коэффициенттерін табуға толық мүмкіндік бар. Топырақтың сулы-физикалық қасиеттерін толық анықтамайынша, ол топыраққа қандай, мелиоративтік, агротехникалық және экологиялық шаралар қолдануға болатынын дәлде, шы-

найы етіп орындау мүмкін емес. Сонымен қатар , ластанғанған , жарамсызданып, егістік алқабынан шығып қалған жерлерді қайта қалпына келтіру үшін , ол топырақтың құрамында қандай элементтер жетіспейді, әсіресе , топырақтың құнарлығын көрсететін қарашірік қоры қанша? Мінеки,бұл мәселелерді дер кезінде шешімін табу үшін . зерттеу нысанының ең алдымен орналасқан жерін,яғни,геологиясын және гидрогеологиялық жағдайларын терең білуіміз шарт.Егістікке келетін су көздерін және оның көлемін (өзен ,көл немесе арнайы құрылған суландыру каналдары) осы зерттелетін аймақты қамтамасыз ету жағдайларын , шаруашылықтың егістіктігі игеруге қабілеттілігі керек.

Дақылдарды егерден бұрын , осы алқапқа аудандастырылған өсімдіктердің биологиялық ерешелітерін, бейімділігін, топырақ пен өсімдік жабындысының ара қатынасын, өсімдіктердің физиологиялық даму кезендерін, оның ұзақтығын, сонымен қатар , әр өсімдіктің бойымен булануын(транспирациясын) дәлірек білгеніміз жөн.Суды топырақ қыртысынан тамырлар талшығына өтуге мәжбүр ететін себеп не?Егер мүмкіндігінше тұжырымдап айтсақ,ол –клеткалардың сору күші. Клеткалардың (тамыр талшықтарының ғана емес,кез келген тамырдың) әлеуетті осмостық жүйе екендігін(рас ,физикалық модельден гөрі әлде қайда күрделілеу). Судың клеткаға келу үрдісін қарапайым түрде мынадай теңдеумен өрнектеуге болады:

$$S=P-T, \tag{14}$$

Сору күші осмостық қысым минус клетка қабығының (тургорлық ) қысымына тең.T=0, яғни клетка сөлсізденіп , тургор жоқ кезде , сору күші ең зор маңыз алады. Ол бүкіл осмостық қысымның көлеміне тең болады:- S= P.Бұл жағдайда клетканың бойына су сіңіру қабілеті ерекше жоғары болады.

Клетка толық тургесцентті, суға мейілінше қанған жағдайда да сору күші нольге тең болады. Клетка ішіне су бармайды [11-13].

Бұл бір –бірінен алшақ нүктелердің аралығында осмостық және тургролық қысымдардың айырмашылығынан келіп туатын аралық мәні бар сору күші бар , жалпылап айтатын болсақ ,судың келіп кету заңы былайша белгіленеді:клетка суға қану жағдайынан алыстаған сайын суды күштірек соратын болады.

2-кесте. Есептеу қабатындағы су-тұз алмасуының қалыпқа келу мерзімін анықтау (жартылай шөлейтті аймақ,  $K_d=0,20-0,25$ ).

Ауыл шаруашылық дақылдары	Ыза суы деңгейі, h, м	Жылдық булану, $N_2$ , м	Суландыру мөлшері, M, $m^3/га$	Тімді жауын, $A_t$ , $m^3/га$	Суды пайдалану, E, $m^3/га$	Ылғал қоры, W, $m^3/га$	Ағзынды су, q, $m^3/га$	$h_{кк} > h_{ысд}$ булану жылдамдығы, $V_{1 \cdot 10^{-3}}$ , м/тәу	Көэффицент, $\alpha$	Келген судың жылдамдығы, $V_2 \cdot 10^{-3}$ , м/тәу	Жоғары қабат ЫСД минер. $C_0$ , кг/м <sup>3</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Жоңышқа	3.0	0.117	7450	1728	9000	3335	300	2.49	0.58	1.8	2.5
Бидай	2.9	0.117	3550	1460	4300	2500	270	1.64	0.19	0.84	2.1
Қант қызылша	3.2	0.117	6550	1728	7450	3000	300	2.29	0.36	1.56	2.3
Дәндік жүгері	2.8	0.117	5350	1500	6050	3200	280	2.0	0.21	1.22	2.4
Картоп	2.9	0.117	5150	1400	6200	2300	250	1.63	0.22	1.35	2.6
Көкөніс	2.9	0.117	6400	1400	7600	2450	260	1.64	0.10	1.5	2.2

2-кестенің жалғасы

Ауыл шаруашылық дақылдары	Сумен келетін минерал, $C_{2,г/л}$	Топырақ бетін ерітінді минер. $C_6, кг/м^3$	Кеуектілік ерітінді минер. $ғы C, кг/м^3$	Топырақ бетіндегі ерітінді, $C_{т.б.} кг/м^3$	Есептеу қабаты, м	Орташа минералдылық, $C_{ор} кг/м^3$	Өтімді кеуектілік, $пө$	Коэффициент $\lambda$	Коэффициент $P_e$	Конвективті диффузия $D^*, м^2/гәу$	Сумен тұздың қалыпқа келуі, жыл
13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Жоңышқа	0.8	3	2.4	0.62	1.5	2.42	0.40	24.6	0.11	0.042	2.31
Бидай	0.65	3	2.1	2.0	1.2	1.85	0.41	36	0.017	0.12	0.87
Қант қызылшасы	0.7	2	2.19	2.03	1.6	2.0	0.39	21	0.12	0.039	2.04
Дәндік жүгері	0.9	2.8	1.85	1.1	1.3	1.81	0.38	3.2	0.53	0.0065	1.31
Картоп	1.2	3	1.62	2.6	1.4	0.78	0.42	3.2	0.13	0.021	1.73
Көкөніс	1.0	2.9	2.07	1.55	1.2	1.14	0.42	22	0.32	0.0073	5.1

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Аверьянов С.Ф. Борьба с засолением орошаемых земель, Москва, 1978,-288с.
- [2] Сейтказиев А.С, Винокуров Ю.Н, Алжанова Л.А. Экологическая оценка мелиоративного режима засоленных почв на орошаемых геосистемах // Международн. научн. журнал, «Мир науки, культуры, образования», ИВЭП СОРАН, Барнаул, 2010, №1 (20), С. 100-102.
- [3] Горев Л.Н., Пелешенко В.И. «Мелиоративная гидрохимия», Киев, 1984, -256 с.
- [4] Рекомендации по определению оросительных норм сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Казахстана, Астана, 2001,-70с.
- [5] Справочное руководство гидрогеолога .Том 1//Под .ред. В.М. Максимова ., Ленинград ,1979,-512с.
- [6] Сейтказиев Ә.С. Суғармалы геоэкожүйелердегі тұзданған топырақтың су-тұз алмасуы, Тараз, 2010, -294б.
- [7] Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологическое принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель, Санк-Петербург, 1995,-360
- [8] Сейтказиев А.С. Почвенно-экологическая оценка засоленных земель в условиях аридной зоны// Материалы междунардн.научно-практ. Конф. «Мелиорация в России –традиции и современность» посвящена 110-летию С.Ф.Аверьянова , Москва,2013,С.162-170.
- [9] Сейтказиев А.С., Мусаев А.И. Методы улучшения продуктивности засоленных земель //Гидрометеорология и экология, Алматы, №3, 2010, -163-173с.
- [10] Сейтказиев А.С., Буденцов К.И. Моделирование водно-солевого режима почв на засоленных землях //Межвузов. Сб.науч.трудов., Москва, 2002, -72-79с.
- [11] Емельянов Л.Г.Өсімдік және су.Алматы,1979,-178б.
- [12] Сейтказиев А.С.. Салыбаев С.Ж.. Байзакова А.Е.. Музбаева К.М. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах республики Казахстан Тараз. 2011.-274с.
- [13] Seitkazyev Adeubai, ,Shilibek Kenzhegali,Salybaiev Satipalde, Seitkazyeva Karlygash.The Research of the Ground Water Supply Process on Irrigated Soils at Various Flushing Technologies // World Applied Journal 26(9):1168-1173,2013.
- [14] Seitkazyev Adeubai,Asanov Amankait,Shilibek Kenzhegali,Hoganov Nietbai.Saline Land Ecological Assessment inGray-Meadow Soils Environment.//World Applied Journal 26(9):1234-1238,2013.
- [15] Seitkazyev A., Zhaparova S.Z. Salybayev ,Shilibek K., Seitkazyeva K//Evaluation of cycle technique aimed at leaching salts from saline soils// Journal of Scientific Research and Development 2 (11): p,p,37-43, 2015 Available online at www.jsrad.org ISSN 1115-7569
- [16] A. Seitkazyev, Z.Maymekov.Y.Andasbayev. M.Jetimov Methodic Aspects of soils Contamination Assesmtnt of the Almatiy Region, the Recpublic of Kazaakhstan// WALLA journal 32(1):29-33,2016 Available online at www. Waliaj.com ISSN 1026-3861

[17] Сейтказиев А.С., Карпенко Н.П., Маймакова А.К. Экологическая оценка деградации сероземно-луговых почв Жамбылской области //Между народн.научно-исследов.журнал. ISSN 2303-9868 PRINT ,№12(54)\*2016, часть 1\*декабрь, Екатеринбург, 2016, С.132-135

[18] Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологическая оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. Кокшетау, 2016, -278с.

Сейтказиев А.С., Шилибек К.К.

**Математические моделирования показатели мелиоративных гидрохимии методом физико-химическим гидродинамики**

**Резюме.** В статью рассматриваются с учетом метеоданные местности, водно-физические и химические свойства почвогрунтов, гидрогеологические условия исследуемого массива, устанавливаются восстановления водно-солевого режимов почв изучаемого объекта.

**Ключевые слова:** методы гидродинамики, физические моделирования, гидрогеологические условия, испаряемость, увлажненность почвы.

Seytkaziev A.S., Shilibek K.K.

**Mathematical modeling indicators of meliorative hydrochemistry by the method of physical and chemical hydrodynamics**

**Summary.** The article takes into account the meteorological data of the terrain, the water-physical and chemical properties of soils, the hydrogeological conditions of the investigated massif, the restoration of the water-salt regimes of the studied soil is established.

**Key words:** methods of hydrodynamics, physical modeling, hydrogeological conditions, volatility, soil moisture.

ӘОЖ 004.9:519.8(075.8)

<sup>1</sup>Е.А. Нысанов, <sup>1</sup>С.Ж. Құрақбаева, <sup>1</sup>А.Х. Махатова, <sup>1</sup>А.Е. Қожабекова, <sup>2</sup>А.Ж. Құрақбаев

(<sup>1</sup>М.Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан мемлекеттік университеті,

Шымкент, Қазақстан Республикасы, [sevam@mail.ru](mailto:sevam@mail.ru))

<sup>2</sup>Оңтүстік Қазақстан Педагогикалық Университет, Шымкент, Қазақстан Республикасы)

### **МАТНСАД ЖӘНЕ DELPHI ОРТАЛАРЫНДА ДЕРЕКТЕРДІ АППРОКСИМАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІМЕН ӨНДЕУ ҮШІН ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒДАРЛАМАЛАР ҚҰРУ**

**Аннотация.** Мақалада Mathcad компьютерлік математика жүйесі мен Delphi ортасында деректерді аппроксимациялау үшін қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Екі бағдарламалау ортасының нәтижелері арасында мысалдар арқылы жан-жақты талдау жасалынған. Құрылған қолданбалы бағдарламаларда ең кіші квадраттар әдісімен сызықты және параболалық аппроксимациялау қолданылған. Құрылған қолданбалы бағдарламаларды инженерлік, ғылыми-техникалық есептеулерде және «Математикалық статистика», «Сандық әдістер», «Математикалық модельдеу» пәндерінің зертханалық сабақтарында кеңінен қолдануға болады.

**Кілттік сөздер:** ең кіші квадраттар әдісі, сызықты аппроксимация, параболалық аппроксимация, регрессия, Mathcad, Delphi.

Соңғы кезде қолданбалы бағдарламалар құруда объектке бағытталған бағдарламалау орталарымен бір қатарда Mathcad компьютерлік математика жүйесі кеңінен қолданылуда. Mathcad – бұл ғылым мен техниканың, білім берудің әртүрлі салаларында күрделі математикалық есептерді шешуді автоматты жоспарлау жүйесі. Математика саласында бұл жүйенің басқа орталарға қарағанда тиімділігі байқалуда. Осы тиімділікті талдау мақсатында деректерді аппроксимациялау әдістерімен өңдеу мәселелерін Delphi [1-3] ортасында және Mathcad [4-6] жүйесінде салыстырмалы түрде зерттеу өзекті мәселелердің бірі болып есептелінеді.

Тәжірибе барысында өлшеу нәтижелері кейбір функциялық тәуелділіктің кестесі түрінде анықталады:

$x_j$	$x_0$	$x_1$	...	$x_m$
$y_j$	$y_0$	$y_1$	...	$y_m$

Міне, осы функциялық тәуелділікті аналитикалық түрде сипаттайтын  $y = \varphi(x)$  функциясын табу қажет. Мұнда, тәжірибеден алынған тәуелділіктің сипатын (сызықты, дәрежелік, сызықты-рационал, көрсеткішті, логарифмдік, экспоненциал, гиперболалық т.б.) ескеріп,  $y = \varphi(x)$  функциясының түйін нүктелеріндегі мәнінің кестедегі мәндерінен ауытқуы барынша аз (тең болу міндетті емес) болу талабы қойылады. Мұндай функцияның аналитикалық өрнегін табудың кеңінен тараған әдістерінің бірі – ең кіші квадраттар әдісі [7-9].

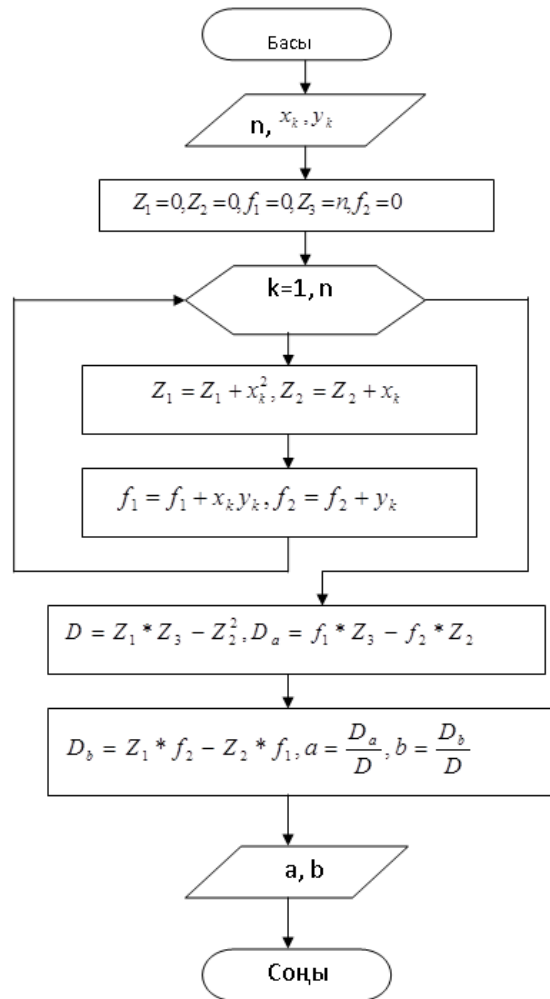
Есептің қойылуы: берілген  $(x_0, y_0), (x_1, y_1), \dots, (x_m, y_m)$  сандар жиыны бір айнымалы  $x$ -ке,  $n+1$  параметрлері  $a_0, a_1, \dots, a_n$  тәуелді және берілген  $[a, b]$  аралығының (мәндер жиынында) сәйкес  $x_0, x_1, \dots, x_m$  нүктелеріндегі  $y_0, y_1, \dots, y_m$  мәндерінен айырымдарының квадраттарының қосындысы

$$S = \min(\sum_{i=0}^m [\varphi(x_i, a_1, \dots, a_n) - y_i]^2)$$

мейлінше аз болатын

$$y = f(x, a_0, a_1, \dots, a_n)$$

функциялық тәуелдікті табу қажет. Бұл есеп функцияны ең кіші квадрат әдісімен жуықтап өрнектеу (аппроксимациялау) деп аталады.



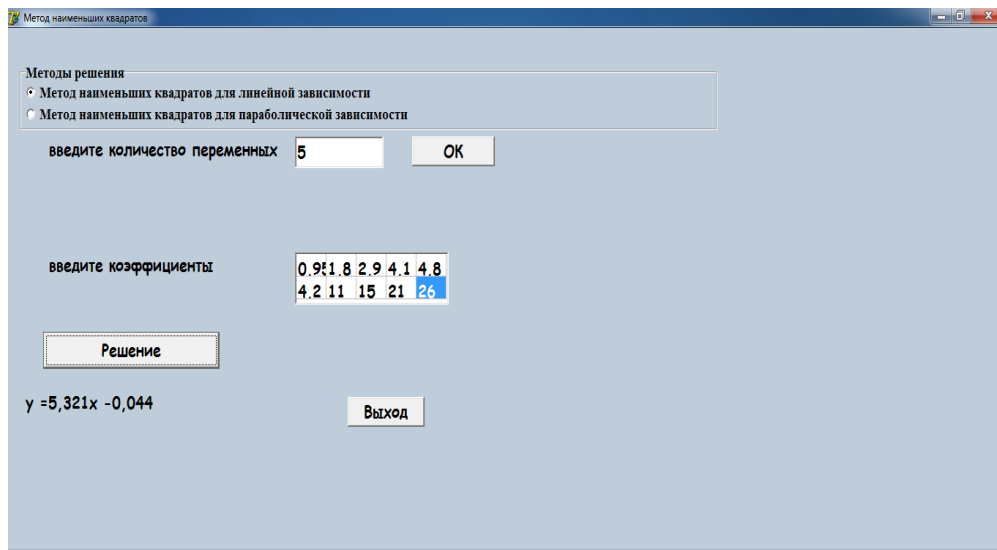
1-сурет. Ең кіші квадраттар әдісімен сызықты аппроксимациялау алгоритмінің блок-схемасы



Мысал 1. Тәжірибе барысында өлшеу нәтижелері төмендегі кесте түрінде берілген болса:

x	0,95	1,8	2,9	4,1	4,8
y	4,2	11	15	21	26

ең кіші квадраттар әдісімен сызықты жуықтаушы  $y = ax+b$  функциясын табыңыз. Delphi ортасында құрылған қолданбалы бағдарлама нәтижесі 2 суретте көрсетілген.

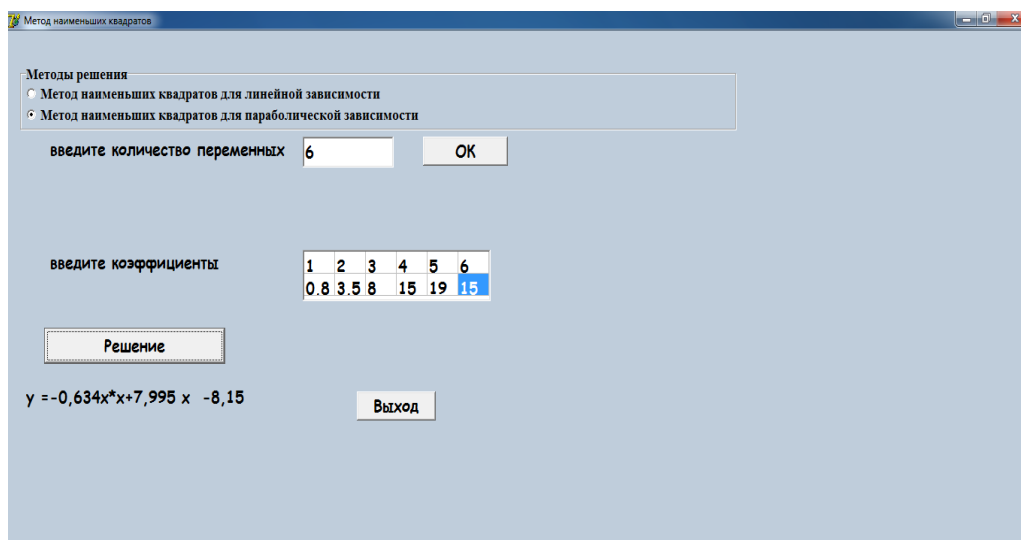


2-сурет. Delphi ортасында ең кіші квадраттар әдісімен сызықты аппроксимациялау бағдарламасының нәтижесі (Мысал 1)

Мысал 2. Тәжірибе барысында өлшеу нәтижелері төмендегі кесте түрінде берілген болса:

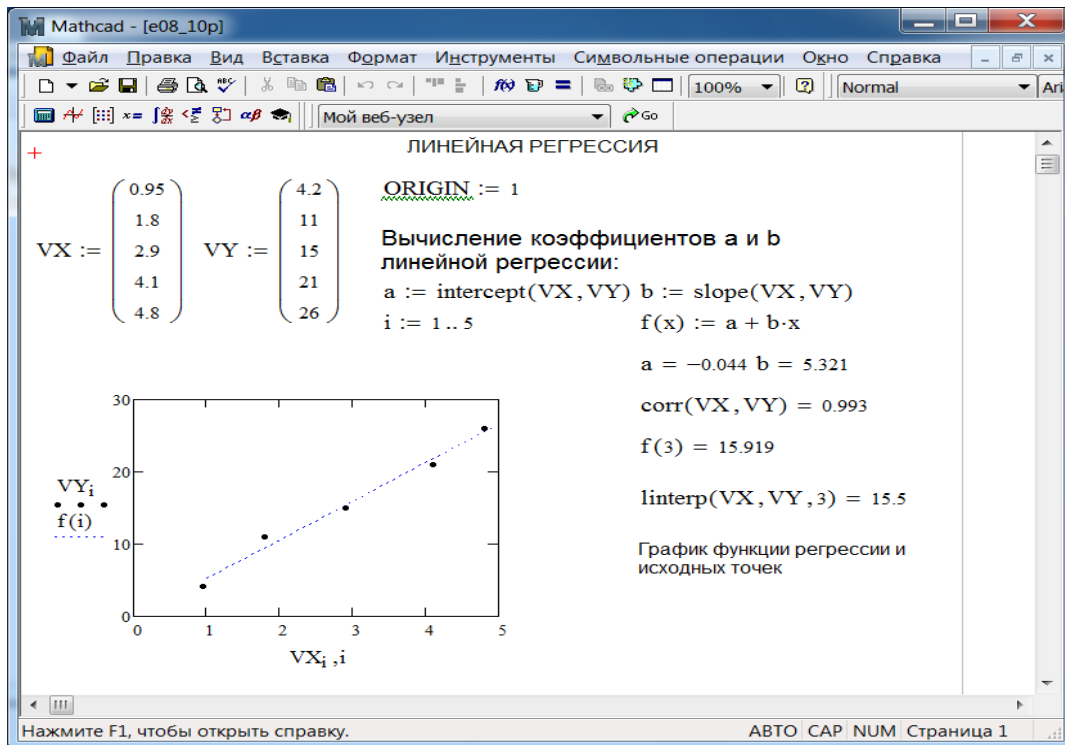
x	1	2	3	4	5	6
y	0,8	3,5	8	15	19	15

ең кіші квадраттар әдісімен параболалық жуықтаушы  $y = ax^2+bx+c$  функциясын табыңыз. Delphi ортасында құрылған қолданбалы бағдарлама нәтижесі 3 суретте көрсетілген.

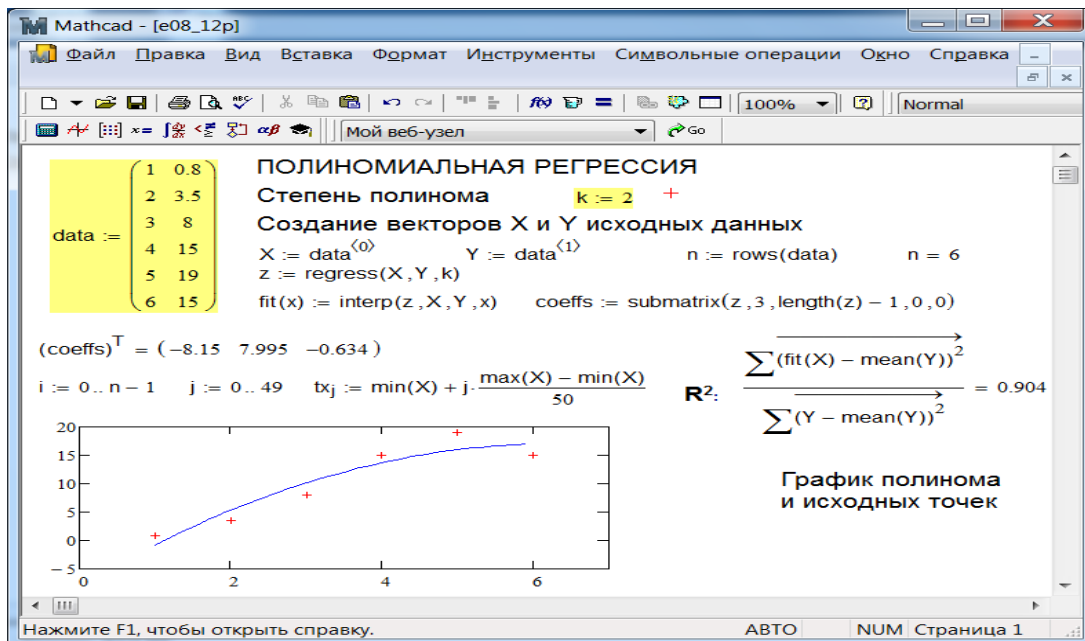


3-сурет. Delphi ортасында ең кіші квадраттар әдісімен параболалық аппроксимациялау бағдарламасының нәтижесі (Мысал 2)

Mathcad ортасында деректерді аппроксимациялау әдістерімен өңдеудің қолданбалы бағдарламалары.



4-сурет. Mathcad ортасында ең кіші квадраттар әдісімен сызықты аппроксимациялау бағдарламасының нәтижесі (Мысал 1)



5-сурет. Mathcad ортасында ең кіші квадраттар әдісімен параболалық аппроксимациялау бағдарламасының нәтижесі (Мысал 2)

Табиғаттағы құбылыстардың дерлі барлығы функциялар арқылы сипатталады, Сондықтан функциялармен жұмыс істеу үшін, оның ішінде функцияларды аппроксимациялау үшін пайдаланылатын қолданбалы бағдарламалар құру және оны пайдалану ерекше орын алады. Мақалада Mathcad компьютерлік математика жүйесі мен Delphi ортасында деректерді аппроксимациялау әдістерімен өңдеу үшін қолайлы қолданбалы бағдарламалар құрылған. Екі бағдарламалау ортасының нәтижелері арасында мысалдар арқылы жан-жақты талдау жасалынған. Құрылған қолданбалы бағдарламаларда ең кіші квадраттар әдісімен сызықты және параболалық аппроксимациялау қолданылған.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Культин Н.Б. Delphi в задачах и примерах. – СПб.: БХВ-Перербург, 2005. -288 с.
- [2] Сухарев М. Delphi. Полное руководство. – СПб.: Наука и техника, 2010. -1040 с.
- [3] Фленов М.Е. Библия Delphi. 3-е изд. перераб. и доп. – СПб.: БХВ – Петербург, 2011. -608с.
- [4] Дьяконов В.П. Энциклопедия Mathcad 2001i и Mathcad 11. - М.: СОЛОН-Пресс, 2004. - 832с.
- [5] Ракитин В.И. Руководство по методам вычислений и приложения Mathcad. –М.: Физматлит, 2005.- 264 с.
- [6] Макаров Е. Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс. - СПб.: Питер, 2005. - 448 с.
- [7] Заварькин В.М., Житомирский В.Г., Лапчик М.П. Численные методы. – М.: Наука, 1991. 208с.
- [8] Ракитин В.И., Первушин В.Е. Практическое руководство по методам вычислений. –М.: Высшая школа, 1998. -383с.
- [9] Каплан А.В., Овечкина Е. В., Мащенко М. В. , Каплан В. Е., Поршнева С. В. Компьютерный анализ и интерпретация эмпирических зависимостей. – М.: Корона-Принт, 2010. -336с.

Нысанов Е.А., Куракбаева С.Д., Махатова А.Х., Кожабекова А.Е., Куракбаев А.Д.

#### **Создание прикладных программ для обработки данных методами аппроксимаций в средах Mathcad и Delphi**

**Резюме.** В статье разработаны удобные для использования прикладные программы для обработки данных методами аппроксимаций в средах Mathcad и Delphi. При этом использованы как линейные, так и квадратичные зависимости метода наименьших квадратов. Проведен сравнительный анализ между результатами этих двух сред и определена эффективная среда программирования. Разработанные прикладные программы можно применить в инженерных, научно-технических расчетах, при обучении дисциплин «Математическая статистика», «Численные методы», «Математическое моделирование».

**Ключевые слова:** метод наименьших квадратов, линейная аппроксимация, параболическая аппроксимация, регрессия, Mathcad, Delphi

Nysanov E.A, Kurakbayeva S.D., Mahatova A.H., Kozhabekova A.E., Kurakbayev A.D.

#### **Creation of application programs for data processing by approximation methods in Mathcad and Delphi environments**

**Summary.** In the article, user-friendly application programs for data processing by approximation methods in Mathcad and Delphi environments have been developed. Both linear and quadratic dependencies of the method of least squares are used. A comparative analysis is carried out between the results of these two environments and an effective programming environment is determined. The developed applied programs can be applied in engineering, scientific and technical calculations, while teaching the disciplines "Mathematical Statistics", "Numerical Methods", "Mathematical Modeling".

**Keywords:** least squares method, linear approximation, parabolic approximation, regression, Mathcad, Delphi

**С.К. Курбаниязов**

(Қ.А. Ясауи атындағы Халықаралық қазақ – түрік университеті  
[saken\\_geo@mail.ru](mailto:saken_geo@mail.ru))

## **ҚҰРЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ ҮШІН ТҮРКІСТАН АЙМАҒЫНДАҒЫ БЕНТОНИТ ЫЛАЙЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ ҚҰРАМДАС БӨЛІКТЕРІНЕ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУ**

**Аннотация.** Бұл мақалада Түркістан аймағында орналасқан Ибата, Оранғай бентонит лай кендерінің және Бесарық, Түгіскен, Сауран саз кендерінің қоспаларын пайдалана отырып берік, төзімді құрлыс материалдарын алу үшін лабораториялық -технологиялық зерттеу жұмыстарының нәтижесі көрсетілген.

Бентонит шикізаты ретінде өндіріске қажетті көптеген салаларында өте кең көлемде пайдаланылады. Біздің елімізде бентониттің минералдық шикізаттық қоры негізінен төменгі және орта сапалы сілтілі және бентонит тектес саздарды құрайды. Қазастаның бентонитке деген жылдық қажеттілік мөлшері (2013ж. есеп бойынша) жоғары сапалы бентониттер 600 тоннаны, ал бентониттектес және орташа бентониттер 356 мың тоннаны, соның ішінде бентонит ұнтағымен белсендендірілген бентониттер 30 тонаны құрайды[11].

Қазіргі уақыттағы өзекті мәселелердің бірі төменгі сапалы бентониттердің негізінде қайта өңдеу технологиясын жасау негізінде оптималды техникалық –экономикалық көрсеткіштерге жету болып табылады.

Бентониттердің физикалық – химиялық құрлымы оның абсорбциялық және катион алмасу қасиеті негізгі тау жыныстарын пайда етуші монтмориллонит құрамына және оның құрлымдық ерекшеліктеріне тікелей байланысты [4].

Бентониттердің кристаллохимиялық және құрлымдық монтмориллонитті үйрену тек қана бентониттердің жаратылысын, минералдың өнімдік қабатының көрнісі мен көлемін және элементтік құрамын анықтау ғана емес, ал оның физикалық және технологиялық құрамы туралы мәлімет беру болып табылады.

Қазіргі заманғы кешенді минералогиялық - аналитикалық әдістерді пайдалану арқылы бентониттердің сапасын бағалауда анықталған кендерің, жаңа көрніс тапқан кендердің әрі қарай толық қанды зерттеу, төмен және орта сапалы бентониттектес саздардың жедел модификацияланатын түрлеріне сапалық және технологиялық баға бере отырып бентониттік құрамын анықтап пайдалы қазба ретінде падалануға болатыны туралы құнды мәліметтер беру[13]. (1сурет).

Одан басқада минералогиялық-аналитикалық (рентгенографиялық, термикалық, резонанстық, адсорбциялық-люминесценттік) кешендік әдістер бентониттердің және бентонит тектес саздардың әртүрлі қайта өңдеу кезеңінде өзгерістерін монтмориллониттің кристалдық құрлымдарын бақылау мүмкіндігі туады.

Зерттеу жұмыстарының мақсаты - бентониттің кристаллохимиялық және құрлымдық құрамынан оптималды технологияларды негізге ала отырып, жоғары сапалы құрлыс материалдарын алу.

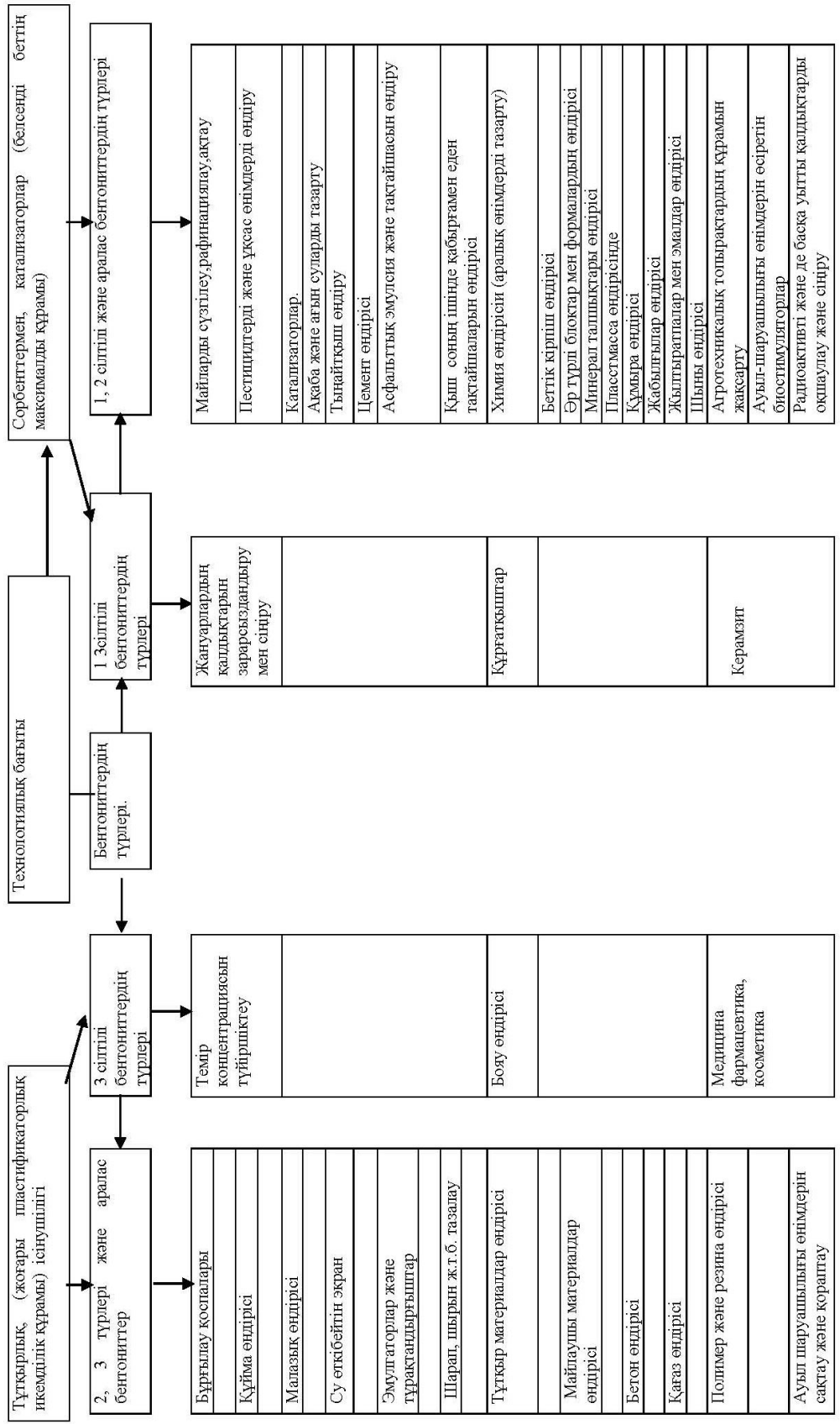
Зерттеудің негізгі міндеттері болып:

- бентонитті лай төрт кеннің монтмориллониттердің кристаллохимиялық және құрлымдық ерекшеліктерін анықтау. - сілтілік құрамды бентониттерді және бентониттектес саздарды белгіленген технологиялық параметрлерді пайдалана отырып іске асыру.

- бентониттердің сапасына қарай топтарға және санаттарға бөле отырып, минералогиялық – технологиялық өлшемдерін анықтау, мүмкіндігінше бентониттердің технологиялық құрамына қарай отырып, пайдаланудың ең тиімді бағытын анықтау.

- бентонит саздарын нақтыланған коллоидтық – химиялық және технологиялық процесстерге химиялық реагенттедің (соның ішінде бір фазалы) құрамына байланысты механикалық белсенділігін анықтау.

-лай шикізатының коллоидтық - химиялық және геологиялық механикалық активациялық белгіленген физика-химиялық құрамының негізгі заңдылықтарын анықтау



Кесте 1. Бентониттердің көп мақсатта қолданылуы және оның сапасын белгілейтін өлшемдері

**Зерттеу әдістері мен нақты материалдар.** Зерттеу жұмыстары кең ауқымды қазіргі заманғы кешенді әдістерді пайдалана отырып, тәжірибелер жүргізілді (РФА, ДТА-ДСК, ДТГ, электронды микроскопия микродифракциясымен, ЯМР, химиялық-спектралды әдістер, абсорбционды люмен-сценді талдау). Оңтүстік Қазақстан облысы Түркістан аумағынаның 4-бентонит кенінен алып келінген 120 үлгіге зерттеулер жүргізілді.

Ғылыми жаңалығы болып геологиялық-өндірістік типтеріне және пайдалану бағытына байланысты бентонит шикізатының сапасын анықтау үшін жаңа қосымша монтмориллонитті құрамның жаңа тиімді параметрлерімен сипатын экспресс технологиялық критерияларды ұсыну[3].

- Бентонит құрамының және құрлымдық өзгерістердің өзара құрлымдық байланыстары нәтижесінде құрылыс материалдары үшін бентониттің жобаланған технологиясы нәтижесінде жоғары сапалы бентонит алынды[6].

- Құрлымдық мақсаты

«Геоаналитика» ӨЗО ЖШС мекемесі зертханасында бентонит шикізаты Ибата, Бесарық, Сауран, Оранғай бентонит кендерінің сапасын кешенді бағаланып зерттеу нәтижелері анықталды Төрт кеннің минералогиялық және химиялық құрамын салыстырмалы анықтау барысында 1-4 кестеде көріп тұрғанымыздай төрт үлгінің бір – бірінен ажыралатындығы анықталды.

1-кесте. Саздардың спектрлік талдау нәтижелері (жартылай сапалы)

Элементы	Құрамы %			
	Үлгі1	Үлгі2	Үлгі 3	Үлгі 4
	Ибата	Оранғай	Сауран	Бесарық
Sr	<0,01	0,01	0,02	0,02
Co	0,0015	0,001	0,002	0,0015
Zn	0,006	0,006	0,006	0,006
Y	0,002	0,002	0,002	0,002
Si	0,003	0,002	0,004	0,004
Sn	0,0003	0,0003	0,0004	0,0003
Mo	0,0015	0,0004	0,0003	0,0002
Ba	0,03	0,03	0,05	0,04
Ni	0,004	0,004	0,004	0,003
V	0,02	0,01	0,008	0,008
Pb	0,004	0,003	0,003	0,003
Cr	0,008	0,006	0,006	0,006
As	0,000006	0,000008	0,00001	0,00001
Zr	0,015	0,015	0,01	0,01
Li	0,003	0,004	0,005	0,004
Nb	0,0008	0,0008	0,0006	0,0006
Be	0,0002	0,00015	< 0,00015	0,00015
Ge	0,0001	< 0,0001	0,0001	<0,0001
Ga	0,001	0,001	0,0015	0,001
W	< 0,0003	<0,0003	0,0003	<0,0003
As	0,002	<0,002	<0,002	<0,002
Sc	0,0015	0,0008	0,0008	0,0006

Элементтері: Cd, Sb, Bi, Hg, B, Tl, Ta, La, Au, Ce, Yb, In, U, Gd, Hf – құрамы өте аз байқалған

2-кесте. Лайлардың сынамаларының нәтижелері

Компоненттері	Содержание, %			
	Үлгі 1	Үлгі 2	Үлгі 3	Үлгі 4
	Ибата	Оранғай	Сауран	Бесарық
Na <sub>2</sub> O	1,09	0,62	0,75	0,95
MgO	1,70	1,99	2,86	2,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	14,99	14,61	11,49	10,33
SiO <sub>2</sub>	49,08	50,43	51,43	48,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,14	0,04	0,18	0,15
K <sub>2</sub> O	1,90	2,23	2,58	2,26
CaO	2,37	4,17	12,06	14,81
TiO <sub>2</sub>	0,93	0,94	0,72	0,69
MnO	<0,01	0,04	0,12	0,16
Fe <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	12,40	6,78	4,85	4,23
SO <sub>3</sub>	0,42	4,23	0,10	0,35
n.n.n	14,97	13,90	12,83	14,69
сумма	99,99	99,98	99,97	99,99

Талдаудың дәлдік санаты - III СТ РК1354-2005, ереже НСАМ№3.

Бесарық алаңынан алынған үлгі иілгіштігі бойынша орташа иілгіштік тобына жатқызуға болады, ал Ибата алаңынан алынған саз лай шикізаты өте жоғары иілгіштікке ие. Лай шикізаттарының иілгіштік көрсеткіштері ҚӨО 9169-75. талаптарына толық жауап береді. Бесарық лай шикізат алаңы жыныстарынан үлгі-кірпіштер дайындалып пластификатор қоспасыз-ақ 850°С, 950°С, 1050°С температурада күйдірілді.

3-кесте. Анықталған беріктік пен қысылудың шектік мөлшері нәтижесі

№ үлгі	Күйдіру температура-сы°С	Беріктік пен қысылудың шектік мөлшері, кг/см <sup>2</sup>			ҚӨО 530 бойынша кірпіш белгісі
		әрбір үлгіге	орташа көрсеткіші	5-үлгінің төменгі көрсеткіштері	
1	2	3	4	5	6
ЛТП-1	850	122	122,2	88	100
		109			
		88			
		146			
		146			
ЛТП-1	950	131	120,6	109	100
		121			
		116			
		126			
		109			
ЛТП-1	1050	163	134,8	101	125
		156			
		118			
		101			
		136			

2,2. Кестеде көрсетілген мәліметтер бойынша күйдіру толық деңгейіне жеткізілмеген, бірақ үлгі блоктары көрсеткіштері ҚӨО сәйкестігі бойынша 100-125 белгіні құрайды[1].

Тапсырыс берушінің ұсынысына байланысты зертханада әр түрлі пайыздық пластификаторы + лай қоспасы дайындалып (Ибата және Бесарық алаңынан алынған саздардан) 4-кестеде көрсетілге-



нiндей әр түрлi пайыздық қатынасымен созылу оптималдық дәрежедегi пластификаторлық көрсеткiшi анықталды, енгiзiлген оптималды көрсеткiш нәтижелерi 4-кестеде.

4-кесте. **Иiлгiштiк нәтижелерiнiң көрсеткiштерi**

№ үлгi	Үлгi құрам %		Қажеттi ығалдылық%		Иiлгiштiк көрсеткiшi	ҚӨӨ 9169 бойынша классификациясы
	саз	пласти- фикатор	Ағу шегi	Түйiршiктену шегi		
1	100	-	30,75	19,05	11,70	Орташа майысқак
2	-	100	87,55	26,70	60,85	Жоғары майысқак
3	90	10	29,80	17,85	11,95	Орташа майысқак
4	85	15	30,65	16,90	13,95	Орташа майысқак

3-4 кестедегi мәлiметтер бойынша лабораториялық-технологиялық блок-үлгiлерiнiң 850-1000 температура аралығында күйдiрiлген көрсеткiштерi көрсетiлген. Ол ҚӨӨ талаптарына сәйкес толық қанағаттандырады және «125» белгiсi сай келедi[7].

Жоғары берiк көрсеткiштерiнге ие үлгi-блоктарды күйдiру кезiнде балку жағдайларын көруге болады. Үлгi-блоктарын буландырғаннан кейiн жарықтармен сынықтар байқалмаған, үлгi-блок үстi жұқа қабатты ақ түйiрлердi (суда еритiн тұздардың) және әк тастардың қоспаларын көруге болады[8].

Жоғарыда көрсетiлгендей, зерттеу үшiн лай шикiзатының берiктiк қасиетi ҚӨӨ 530-2007 талаптарына сәйкес толық қанағаттандырады. Үлгiнiң химиялық анализ құрамы SO<sub>3</sub> жалпы=0,42%. Минералдарында сульфидтiк күкiрт құрамды кездеспейдi. Сульфаттық күкiрт гипстiң микроскопиялық шашыранды қабықшаларында ғана кездеседi. Зерттелiп жатқан шикiзат бұл лай, <0,01мм (-95%)өлшемдi пелит бөлешкелерiнен және > 0,01мм (~ 5%) алеврит материалы дәнешелерi[12].. Пелиттi материалдар (бөлшектерiнiң өлшеми 0,01мм және одан кiшi) монтморилониттердiң гидрослюдады және өте жұқа майдаланған алюмосиликаттармен темiрдiң гидро тотығынан құралған[17].

Қорытынды. Лайды шикiзат ретiнде сынау үшiн, көптеген лабораториялық - технологиялық үлгiлердi пластификатормен бiрге берiктiгiмен иiлгiштiк қысымына шыдайтын сапалық сипатқа ие құрлыс материалдарының кiрпiшi қысылған уақыттағы өндiрiстiк көрсеткiшi анықталды.

Лай жынысы негiзiнен керамикалық қыш кiрпiшiн өндiрге арналған, жалпы минералогиялық-петрографиялық сипаты бойынша бағаланады және табиғии радионуклейдтер салыстырмалы өнiмдiлiгiне байланысты анықталады. Негiзгi технологиялық құрлымның көрсеткiшi болып iрi түйiршiктi гранулометриялық көрсеткiшттердiң құрамы болып табылады, сонымен қатар карбонат бiрiкпелерi, иiлгiштiк, лай шикiзатының құрғатуға деген сезгiштiк коофицинтi, жабысқақтығы, күйдiруге деген берiктiгi және суыққа төзiмдiлiгi.

Лай шикiзатын кiрпiш өндiрiсiне жарамдығы туралы сұраққа қорытынды шешiм шығару үшiн кең көлемде тәжiрибелiк сынама жасау қажет.

Лабораториялық технологиялық зерттеуге алынған мәлiметтердi талдай отырып лабораториялық-технологиялық үлгiлерге пластификаторларды (саз -90% + пластификатор - 10%) қоса отырып төмендегi шешiмге келуге болады:

-1 Иiлгiштiгi бойынша лай шикiзаты орташа иiлгiштiкке ие топқа кiредi;

по пластичности глинистое сырье относится к группе умеренно пластичного сырья;

2. Үлгi-блоктар қысылу берiктiгi бойынша лабораториялық-технологиялық үлгi-блоктары ҚӨӨ талаптарына толық жауап бередi.

Лабораториялық-технологиялық зерттеу нәтижесiнен үлгiлерге иiлгiштердi қосқанда төмендегi қорытындыны шығаруға болады:

1.Лабораториялық – технологиялық үлгiлердi 850-1050°C температура аралығында қалыптарға құып күйдiру арқылы пластификаторды қоса отырып «125» белгiлi кiрпiшiн алуға болатыны көрсетiлген

2.Күйдiру аралығы - 200°C

ЭДЕБИЕТТЕР

- [1]. Ашмарин, А.Г. Колористические исследования влияния минеральных добавок на цветовую гамму керамических изделий Текст. / А.Г. Ашмарин, Н.Р. Мустафин, И.С. Опарина // Строительные материалы. — М.: ООО РИФ «Стройматериалы». 2006. - №2 (614). - С. 38-39.
- [2]. Бегоулев, С.А. Перспективы развития рынка керамического кирпича Санкт-Петербурга и Ленинградской области Текст. / С.А. Бегоулев. — М.: ООО РИФ «Стройматериалы». 2006. - №2 (614). - С. 5-7.
- [3]. Брайтенмозер, М. Модернизация действующих кирпичных производств с оборудованием фирмы ФРЕИМАТИК Текст. / М. Брайтенмозер // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2009. - №4 (652). - С. 58-59.
- [4]. Будников, П.П. Новая керамика Текст. / П.П. Будников. М.: Стройиздат, 1969. - 312 с.
- [5]. Быстров, Г.А. Опыт использования золы-уноса ТЭЦ в производстве керамического кирпича Текст. / Г.А. Быстров // Строительные материалы. - М.: ООО РИФ «Стройматериалы». 2003. - №2. - С. 29.
- [6]. Вакалова, Т.В. Причины образования и способы устранения высолов в технологии керамического кирпича Текст. / Т.В. Вакалова, В.М. По-гребенков, И.Б. Ревва // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2004. - №2 (590). - С. 30-31.
- [7]. Варламов, В.П. Влияние низковязких минерализаторов на свойства керамических материалов Текст. / В.П. Варламов, Э.М. Жукова // Строительные материалы. М.: Стройиздат. - 1985. - №10. - С. 22.
- [8]. Верещагин, В.И. Расширение сырьевой базы для строительной керамики Текст. / В.И. Верещагин, В.И. Кашук, Р.А. Назиров и др. // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2004. - №2 (590). - С. 39-42.
- [9]. Ганжара, Н.Ф. Практикум по почвоведению Текст.: учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / Н.Ф. Ганжара, Б.А. Борисов, Р.В. Байбеков. М.: Агроконсалт, 2002. - 280 с.
- [10]. Гао Лихун. Возможности производственной программы группы Dragon & Strong для промышленности строительных материалов Текст. / Гао Лихун // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». — 2009. - №4 (652). - С. 37-39.
- [11]. Домокеев, А.Г. Строительные материалы Текст.: учеб. пособие для строит, вузов / А.Г. Домокеев. — 2-е изд. перераб. и доп. — М.: Высш. шк., 1989. - 495 с.
- [12]. Землянский, В.И. Керамический кирпич объемного окрашивания с использованием попутных пород бокситовых и титановых руд Текст. / В.И. Землянский // Строительные материалы. — М.: ООО РИФ «Стройматериалы». 2003. - №2.
- [13]. Инчик, В.В. Высолы и солевая коррозия кирпичных стен Текст. /
- [14]. В.В. Инчик. СПб.: СПбГАСУ, 1998.
- [15]. Клевакин, В.А. Ревдинский КЗ: движение вперед, несмотря на кризис Текст. / В.А. Клевакин, О.А. Иванова. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2009. - №4 (652). - С. 14-15.
- «Стройматериалы». - 2006. - №2 (614). - С. 50-51.
- [16]. Лыгина, Т.З. Состояние производства стеновых керамических материалов в Российской Федерации Текст. / Т.З. Лыгина, Р.К. Садыков, А.В. Корнилов и др. // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2009. - №4 (652). - С. 10-11.
- [17]. Мамбетшаев, С.В. Промышленность строительной керамики остро нуждается в перевооружении Текст. / С.В. Мамбетшаев // Строительные материалы. М.: ООО РИФ «Стройматериалы». - 2005. - №2 (602). - С. 9-12.

Курбаниязов

**Исследование свойств бентонитовых глин туркестанского С.К. региона для получения строительного материала**

**Резюме.** Статья посвящена лабораторно-технологическому исследованию смеси бентонитовых глин местностей Ибата, Орангай, расположенных в районе Туркестана, и бентонитовых глин местностей Бесарык, Тургискен, Сауран для создания прочного и морозостойкого строительного материала.

Kurbaniyazov S.K.

**Research the various properties of bentonite clays of the turkestan region for obtaining a building material**

**Summary.** The article is about laboratorial-technological research of mixture of bentonite of Ibata, Orangai regions, which are near to Turkestan, and bentonite of Bessaryk, Turgisken, and Sauran for production of resilient and frost resistant construction materials.

УДК 637.14\_

**Н.Е. Қанапияева, З.Ж. Сакиева, А. Алмаганбетова**  
(Қазақ Ұлттық Аграрлық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

## **СҮТ ҚЫШҚЫЛЫ БАКТЕРИЯЛАРЫ МЕН АШЫТҚЫ САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН СҮТ ОРТАСЫНДА ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ КОНСОРЦИУМДЫ ҚҰРАСТЫРУ**

**Аннотация:** Мақалада жалпы сүт қышқылды бактериялардың адам денсаулығына пайдасы мен зиянын және табиғатта қандай мөлшерде кездесетіні қарастырылған. Сиыр, түйе сүттеріндегі ашытқы саңырауқұлақтардың қасиеттері зерттелініп және олардың консорциумы құрастырылды.

### ***Кіріспе***

Морфологиялық жағынан алғанда, сүт қышқылы бактериялары микроорганизмдердің гетерогенді тобына жатады, халық шаруашылығында кеңінен пайдаланады. Сүт қышқылы бактериялары әртүрлі қышқыл сүт өнімдерін өндіргенде ашытқы ретінде қолданылады. Олай болатын себебі: тіршілік ортасында олар сүт және сірке қышқылдарын, хош иісті қосылыстарды және полисахаридтерді түзеді, ерекше дәм мен құрамы бар, арам ісікке, лейкемияға қарсы белсенділік көрсетеді. Бұл адам денсаулығына жақсы әсер етеді, метаболитикалық белсенділік көрсетеді, қышқыл сүт өнімдерін жақсы сіңіреді, температураның түрліше деңгейінде өсе алады, сөйтіп ол қышқыл сүт тағамдарының көптеген түрлерін өндіруге мүмкіндік береді. Олар әртүрлі ашытқылар құрамында болуымен байланысты түрлі өнімдерді ферменттеуде кеңінен қолданылады.

Сүт қышқылы бактериялары биосферада кең таралған, антропогендік және техногендік факторлардың әсерінен, олардың биосферадағы саны дамылсыз өсіп отырады. Табиғатта бұлардың тіршілік ететін жерлері-топырақ, өсімдіктер ризосферасы, су, көл, өзен, адам мен жануарлардың ас қорыту жолдары.

Көптеген сүт қышқылы бактерияларында, басқа микроорганизмдерде жоқ қабілеттер болады: олар сүт қантын (лактоза) пайдалана алады. Бұл жағынан алғанда ол көптеген ішек бактерияларына ұқсас. Өздері қышқылдарға толерантты болса да сүт қышқылын көп мөлшерде түзетіндіктен қолайлы жағдай туғанда олар тез өніп-өсіп, басқа микроорганизмдерді тіршілік ортасынан тез арада ығыстырып шығаруы ықтимал. Осымен бұл бактериялық байланысты «культуралардың табиғи жинақталуы» көбінесе алынған сүтте және сүт тағамдарында, ашыған қамырда, ашыған қырыққабатта, сүрлемде және т.б субстраттарда кездеседі.

***Кілт сөздер:*** сиыр сүті, түйе сүті және бие сүті.

### ***Зерттеу әдістемесі***

Үш облыстан алынған сүт өнімдерін микробиологиялық мониторинг бойынша зерттеу, бұлардың барлығында да лактококкалар, солардың ішінде *Lactococcus lactis* subsp. *Lactis* және *Lactococcus lactis* subsp. *cremoris* басым екенін көрсетті. Сонымен қатар латобацилдердің көбінесе *Lactobacillus acidophilus* және *Lactobacillus bulgaricus* түрлері кездеседі. Сүт өнімдеріндегі микроорганизмдер құрамы жайлы мәліметтер ашытқыны жасауда негізге алынды. Даярланған қышқыл сүт өнімдерінің сапасы қолданылатын ашытқылар культураларының жиынтығына тәуелді болады. Ашытқының сапасын реттеудің бір мәселесі-культуралардың метаболиттік деңгейде әрекеттесетін түрлік құрамын басқару. Сүт қышқылы бактерияларының культуралары ұзақ жылдар бойына, сүт өнеркәсібінде тағамның дәмін жақсартуда, өнімді ұзақ сақтауда қолданылып келеді. Кейбір культуралар ауру иммунитетінің күшеюіне қол қабыс жасайды. Қанда холестерин деңгейін төмендетеді және қатерлі ісік ауруына қарсы төзімділік көрсетеді. Белгілі бір мақсатқа сапасы тұрақты және қауіпсіздігі мол қышқыл сүт өнімдерін алу толық жинақталған қасиеттерімен қамтамасыз етілген микроорганизмдерді қолданбайынша ол мүмкін емес. Культураға қойылатын негізгі талаптар сүт ортасында белсенді өніп өсуі, ортаның сілті реакциясына, фагтарға, лезоцимге, қарын сөліне төзімділік анықталады. Ең басты белгі-антибиотиктерге шартты патогенді және патогенді микроорганизмдерге антагонистік белсенділігі. Технологиялық тұрғыдан алғанда реологиялық қасиеттері мен органолептикалық көрсеткіштердің маңызы зор. Ашытқыны құрастыру үшін әдетте сүтті шапшаң ұйытатын ең белсенді қышқылдығы жақсы, ұнамды, дәмі мен хош иісті түзе алатын штамдар қоспасын қолданады. Сүт қышқылы бактерияларын қолданғанда әсер жалғыз емес, аралас штамдар қоспасын жасап пайдалану өте тиімді болады. Осындай тәсілмен алынған ашытқылардағы культуралардың өзара қарым

## • Технические науки

қатынсына, сипатының маңызына ерекше көңіл бөлінуі тиіс. Ашытқыларды құрастыру үшін культураларды сұрыптап алу олардың қышқыл түзушілік қуатына, антагонистік белсенділігіне және антибиотиктерге тұрақтылығы мен сезімталдығына қатта назар аударылуы тиіс. Консорциум құрамына лактозаны ашытатын ашытқы саңырауқұлағы *Torulopstis kefir var. kumis* 23 қосылады. Сүт қышқылы бактериялары мен ашытқы саңырауқұлақтар штамдарының өзара үйлесімділігі олардың сүтті ұйыту мерзімінің ұзақтығы, органолептикалық көрсеткіштері, сиыр, түйе және бие сүттерінде қышқыл түзушілік қуатымен бағаланды. *Lc.lactis subsp.lactis K-8+Lb.acidophilus-ББ-қышқыл түзушілік қуаты жоғары органолептикалық көрсеткіштері айран, шұбат және қымыздікіне тән культуралардың консорциумын құрастыруға мүмкіндік туғызады. Консорциум құрамына енетін культураларды басқа культуралармен салыстырғанда биологиялық белсенділігі (антагонистік, қышқыл түзушілік, антибиотиктерге және ас тұзына төзімділігі) жоғары болды. Сонымен қымызды, шұбатты және айранды даярлау үшін *Lc.lactis subsp.lactis K-8+Lb.acidophilus M-3 + Lb. Acidophilus ББ-15+ Lb.bulgaricus ГМ-8+ Torulopsis kefir var.kumis* 23 культуралар консорциумына негізделіп ашытқыны қолдану ұсынылды. (1,2 кестелер).*

### 1-кесте. Сиыр сүтінде өскен сүт қышқылы бактериялары мен ашытқы саңырауқұлақтар штамдарының үйлесімділігі

Көрсеткіштер аттары	Композициялар реті					
	1	2	3	4	5	6
Дәмі және иісі	Сүт қышқылды бөгде иіссіз	Сүт қышқылды, хош иісті	Сүт қышқылды, ақшыл тым дәмді	Сүтқышқылды, бөгде иіссіз	Сүт қышқылды жағымды	Сүт қышқылды, айранға тән
Түсі	Крем түстес	Крем түстес	Сүт түстес	Крем түстес	Ақшыл түс	Крем түстес
Консистенциясы	Сұйықтау	Сұйықтау	Тығыздау, түйірлі	Тығыздау	Жабысқақ	Тығыздау, көбік
Қышқыл түзу қуаты, Г	51,0±1,0	51,0±1,0	75,5±0,5	82,5±2,5	65,5±2,5	92,2±2,0

### 2-кесте. Түйе сүтінде өскен сүт қышқылы бактериялары мен ашытқы саңырауқұлақтар штамдарының үйлесімділігі

Көрсеткіштер аттары	Композициялар реті					
	1	2	3	4	5	6
Дәмі және иісі	Сүт қышқылды	Сүт қышқылды	Сүт қышқылды ақшыл тым дәмді	Сүт қышқылды, шұбатқа тән	Сүт қышқылды	Сүт қышқылды, шұбатқа тән
Түсі	Сүт түстес	Сүт түстес	Сүт түстес	Ақшыл түс	Сүт түстес	Ақшыл түс
Консистенциясы	Сұйықтау	Сұйықтау	Сұйықтау	Сұйықтау, көбік түзгіштеу	Сұйықтау	Сұйықтау, біртекті, көбік түзгіштеу
Қышқыл түзу қуаты, Г	76,5±1,5	67,0±1,0	91,5±1,5	96,5±1,5	86,0±1,0	97,5±2,5

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Диханбаев Ф.Т. Оқу құралы «Сүт және сүт өнімдерінің технологиясы» Алматы 2006ж 100 бет
- [2] Қ.Күзембаев, т.Құлжанов, Г.Күзембаева «Азық түлік өнімдерін тану» Алматы 2006ж 228 бет
- [3] Л.В.Әлімжанова «Сүт өнімі» Астана 2006ж
- [4] Жатқанбаев Ж.Ж, «Биотехнология», Алматы, 2009ж

Канапияева Н.Е., Сакиева З.Ж., Алмаганбетова А.

**Исследование кисломолочных бактерий, их влияние на здоровье человека и окружающую среду**

**Резюме:** В статье изучены кисломолочные бактерии, их влияние на здоровье человека и окружающую среду, а также кисломолочные бактерии коровьего, верблюжьего молока, изучены свойства дрожжей и составлен консорциум.

Kanapiyeva N.E., Sakieva Z.Zh., Almaganbetova A.

**Study of fermented bacteria, their impact on human health and environment**

**Summary:** The article describes the benefits and harmful effects of lactic on human health. Also the article considers its amount in nature. The properties of yeast mushrooms in beef, camel milk have been studied and their consortium was developed.

УДК 637.525

**Я. М. Ұзақов, А. М. Таева, Ж. М. Медеубаева, К. К. Макангали, Ж.И. Сатаева**  
(Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

**А. А. Агитаев**

ТОО «АФ КАЙНАР»

[uzakm@mail.ru](mailto:uzakm@mail.ru)

**ТҮЙЕ ЕТІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Мақалада ет шикізатын тиімді пайдалану мәселесі бойынша ғылыми-техникалық ақпараттарды талдап, шолу жасалды. Ет шикізаты түрлерінің химиялық құрамы, аминқышқылды құрамы, ақуыздысапа көрсеткіштері анықталды. Зерттелген үлгілер құрамында триптофан құрамы бір деңгейде болды. Сиыр еті және шошқа еттерімен салыстырғанда IntelMeal базасы және еттің химиялық құрамы анықтамасы бойынша жылқы және түйе етінің құрамындағы триптофан мөлшері 1,5-2 есе жоғары болды.

**Негізгі сөздер.** Ет өнімдері, шұжық өнімі, ақуыз-май эмульсиясы, тағамдық құндылығы, түйе еті, өркеш майы.

**КІРІСПЕ.** Түйе етінің тағамдық құндылығын сипаттау үшін жалпы химиялық құрамы және ақуыздарының аминқышқылдық қасиетімен қатар биологиялық маңызды заттардың болуы керек. Сиыр етімен салыстырғанда В тобындағы витаминдер, оның ішінде тиамин мөлшері жоғары болып келетіндігі анықталды. Бұлшық еттердің жеке түрін зерттеу нәтижесінде, витаминдердің мөлшері құрделі және жартылай сіңірілі бұлшық етте, сонымен қатар вырезкада көп болады екен, тиамин 0,14-0,16мг%; рибофлавин 0,18-0,20мг%. Осы үлгіде ақуыздың көп мөлшері берілген: 19,76-20,19%; ылғалдылық 76,64-77,86%; май 1,2-2,0. Сиыр етіндегі тиамин мөлшері 0,08-0,14мг% шамасында. Зерттелген үлгілерде май мөлшері көбейген кезде тиамин 1,5-2,0 есе азаяды. Сондықтан төс етінде және арқа бөлігінің ұзын бұлшықетінде тиамин мөлшері бойынша ұшаның жеке түрлерінің бір-бірінен айырмашылығы өте аз және сиыр етіне өте жақын келеді. Түйенің бұлшық ұлпасында ниацин мөлшері 2,30-2,91мг% құрайды, ал рибофлавин 0,18-0,23мг%. Сиыр етінің бұлшықет ұлпасында ниацин 2,20-3,42; рибофлавин 0,18-0,23мг% құрайды. Ұша мөлшеріне шаққанда тиамин мөлшері түйе етінде (0,12мг%) сиыр етінен (0,06мг%) екі есе көп.

Қазіргі кезде ет сапасын бағалауда минералды заттарға көп көңіл бөлуде. Анықтама бойынша түйенің бұлшықет ұлпасында фосфор мөлшері сиыр етіне қарағанда өте көп (216-243мг%).

Зерттеулер нәтижесінде Са, Mg, Fe мөлшері түйе бұлшық етінің жеке түрлерінде бір-біріне жақын келеді және сиыр етіне ұқсас.

Жылулық өңделген түйе және сиыр етін салыстырғанда, піскен етінің дәмдік сапасы өте жақсы, бірақ дәмі, ароматы, консистенциясы сиыр етінен өзгеше болып келеді. Түйе етінде спецификалық иісі және дәмі жоқ. Консистенциясы бойынша сиыр еті сөлді және нәзік болып келеді; ал сыртқы көрінісі бойынша үлгілерде айырмашылық байқалған жоқ. Бірақ түйе етінің жалпы бағасы сиыр етімен салыстырғанда төмен болды.

Түйе және сиыр етінің сорпасының органолептикалық көрсеткіштері ұқсас келеді, бірақ түйе етіне сиыр етіне қарағанда төмен баға берілді. Қуырылған еттерді салыстырғанда түйе етіне жақсы баға берілді. Қуырылған түйе еті ароматты, дәмді және сөлді болып шықты. Сиыр еті мен түйе етіне

бірдей баға берілді, қуырылған түйе еті үшін 8,1; сиыр еті үшін—7,6. Әр-түрлі аспаздық өңдеуден өткен түйе еттері бір-бірінен барлық көрсеткіштері бойынша ерекшеленеді. Қуырылған түйе етінің дәмі мен ароматы жақсы, консистенциясы сәлді және нәзік болып келеді екен. Ал сорпасының спецификалық дәмі әлсіз нашар және майлы болып келеді екен.

Зерттеулер нәтижесінде түйе еті құрамы, сапасы және аспаздық жарамдылығы жағынан сиыр етіне өте жақын келетіні анықталды. Сондықтан оны ет өнімдері өндірісінде ірі қара малды өңдеу технологиясының тәртібін қолдану арқылы пайдалануға болады.

Түйе етінен жасалған шұжық өнімінің сапасын арттыру үшін комбинирленген ақуыздық өнімді қолдануға болатындығы зерттелген.

Сойылған малдың қаны негізінде ақуыздық байытушы дайындау үшін келесі шикізат және материалдар керек; сойылған малдың қаны, әсіресе қара малдың, картоп крахмалы, майдаланған күріш.

Жүргізілген зерттеулер ақуыздық байытушыны шұжық өндірісінде мақсатқа сәйкес қолдануға болатындығын көрсетті. Оны қолдану нәтижесінде ет шикізатының мөлшері аяады және экономикалық эффектісі жақсарады.

Ақуыздық байытқыш қосу арқылы өндірілген түйе шұжығының органолептикалық көрсеткіші сиыр етінен жасалған шұжық өніміне жақын болып келеді.

Басқа етті жануарлардың өмір сүруіне қолайсыз климат аймақтарында дромедар және бактриан түйелерінің еттері маңызды ет көзі ретінде үлкен роль атқарады, бұл қасиеті түйелердің жоғары және төмен температураға, күн радиациясына, су және жем-шөп тапшылығы қатарлы қатаң климат жағдайларына төзімділік көрсете алатын ерекше физиологиялық қасиетімен байланысты. Түйе етінің құрамында 78% су, 19% белок, 3% май және 1,2% күл және аз мөлшерде бұлшықет ішілік майлары болады, етінің дәмі сиыр етіне ұқсас, түсі қызыл-күрең, майы ақ түсті болады. Түйе етінің аминқышқылдық және минералдық құрамы сиыр етінен жоғарырақ болады, бұл бұлшықет ішілік майларының төмен деңгейімен байланысты болуы мүмкін. Ал майқышқылдық құрамы бойынша түйе етінде қаныққан майқышқылдарының мөлшері төменірек, қанықпаған майқышқылдарының мөлшері салыстырмалы түрде жоғары болады. Жалпы қаныққан майқышқылдарының мөлшерінің төмен болуы семіздіктің алдын алуда, холестерол мөлшерінің жоғары болуының және ісік ауруларының мөлшерін азайтуда маңызды роль атқарады.

**Зерттеу әдістері.** Еттің химиялық құрамын анықтау ет және ет өнімдерінің сапасын, тағамдық құндылығын, құрамындағы ылғал, ақуыз, май және минералды заттар жайлы білуге мүмкіндік береді.

Ылғал құрамын анықтау. Еттің ылғал құрамы оның қасиетіне, сақтау және жылумен өңдеу кезінде жоғалтатын шығынына, сонымен қатар дайындалатын өнімнің сапасына әсер етеді. Ылғал мөлшерін еттегі ылғалды престоу жолымен бөлу арқылы анықтайды. Ылғал құрамын ГОСТ 9793-74 және ГОСТ Р 51479-99 сәйкес анықтайды. Ет және дайын өнімдердің құрамындағы ылғал мөлшерін 1050С температурада кептіру арқылы анықтайды.

Май құрамын анықтау. Май құрамы ГОСТ 23042-86 сәйкес анықталады.

Еттің құрамындағы ақуыздарды анықтау. Тәжірбиеде пайдаланылатын ақуыздарды анықтаудың сандық әдістері макромалекулалардың құрамдас бөліктерін анализдеуге немесе олардың концентрациясына тура тәуелді жағдайда өзгертін ақуыздар ерітінділерінің кейбір физикалық қасиеттерін зерттеуге негізделген. Бірінші жағдайда зерттелетін объектідегі құрамындағы ақуыз құрамы туралы азот мөлшері бойынша немесе әр түрлі ақуыздар үшін жалпы атомдардың кейбір спецификалы топтары бойынша сонымен қатар, бір немесе басқа аминқышқылының қалдығы бойынша жалпы және қалдықты азотты I әдісімен анықталады.

Күл құрамын анықтау. Минерализация процесін жылдамдатуға (2-3 есе) магний ацетатын немесе азот қышқылының ерітіндісін қолдану арқылы жетуге болады. Магний ацетатының ерітіндісі күлденетін заттың ауа оттегісімен ыңғайлы қамтамасыз ететін тесікті құрылысын түзеді. Азот қышқылын қосу органикалық заттардың жақсы тотығуын туғызады. Көрсетілген катализаторларды пайдалану сонымен қатар күлдеу кезінде ұшқыш компоненттердің жоғалуын төмендетеді. Өнімнің сапасын (иісі, дәмі, шырындылығы, түсі, консистенциясы) 5-баллды жүйе бойынша бағалайды.

Түйе етінің амин қышқылдық құрамын зерттеу. Түйе етінің қоректік құндылығы басқа мал етіне ұқсас, бірақ құрамында май және холестериннің аз мөлшерде болуына байланысты, денсаулыққа пайдалы етке жатқызуға болады. Түйе етінің сыртқы түрі, түсі, құрылымы және тағамдық сапасы сиыр етіне ұқсас.

Дромедар және бактриан түйелері басқа малды өсіруге қолайсыз климат аймақтарында негізгі ет көзі ретінде үлкен роль атқарады, бұл қасиеті түйелердің жоғары және төмен температураға, күн радиациясына, су және жем-шөп тапшылығы қатарлы жағдайларына төзімділік көрсете алатын ерекше физиологиялық қасиетіне байланысты. Түйе етінің құрамында 78% су, 19% белок, 3% май және 1,2% минералды заттар және аз мөлшерде бұлшықет аралық майлары болады, етінің дәмі сиыр етіне ұқсас, түсі қызыл-күрең, майы ақ түсті болады.

Түйе етінің құрамындағы аминқышқыл және минералдардың мөлшері сиыр етінен жоғарырақ болады, бұл бұлшықет аралық майларының төмен деңгейімен байланысты болуы мүмкін. Ал май қышқылдық құрамы бойынша түйе етінде қаныққан май қышқылдарының мөлшері төменірек, қанықпаған май қышқылдарының мөлшері салыстырмалы түрде жоғары болады. Жалпы қаныққан майқышқылдарының мөлшерінің төмен болуы семіздіктің алдын алуда, холестерол мөлшерінің жоғары болуының және ісік ауруларының мөлшерін азайтуда маңызды роль атқарады.

Дромедар және бактриан түйелерінің мүшелерінің бұлшық еттерінің сапалық қасиеттерін зерттеу, түйе етінің тағамдық құндылығы уағыздап өңдеу технологияларын жақсартуға жол ашты.

Түйе етінің құрамында сиыр, қой және ешкі еттерімен ұқсас мөлшердегі алмаспайтын аминқышқылдары болады, тұтынушыларды қой етімен тең мөлшерде күнделікті қажетті амин қышқылдарымен қамтамасыз ете алады. Зерттеу жұмысымының нәтижелері 1,2 кестеде көрсетілген.

**1-кесте. Түйе бұлшық еттерінің құрамындағы толық алмаспайтын және жартылай алмаспайтын амин қышқылдарының мөлшері %.**

Бұлшық ет түрлері	Амин қышқылдары, %									
	Толық алмаспайтын								Жартылай алмаспайтын	
	Валин	Изолейцин	Лейцин	Лизин	Метионин	Треонин	Фенилаланин	Триптофан	Гистидин	Аргинин
Арқаның тік бұлшық еті	5.6	4.7	8.3	9.4	2.9	3.5	4.3	4.5	4.4	6.6
Арқаның ұзын бұлшық еті	4.7	4.2	7.1	9.1	1.6	3.0	5.6	4.8	3.4	7.5
Жартылай сіңірлі бұлшық ет	4.6	4.3	8.4	9.1	1.3	3.3	5.5	4.8	3.4	7.5
Қыраты бұлшық еті	4.9	5.3	8.6	8.4	2.6	3.5	4.1	4.2	4.7	7.3

Кесте - 1 талдай келе, біз зерттеп отырған бұлшық еттерде амин қышқылдары ішінде ең көп мөлшері лейцин (9,5%), ол біз зерттеген мына бұлшық еттерде көп мөлшерде. Келесі көп мөлшердегі амин қышқылы лизин, ол біз зерттеп отырған мына бұлшық еттерінде кездеседі, егер лизин организмде аз болса бой өсіуі тоқтайды, сондықтан түйе еті лизиннің энергия көзі болып отыр. Ол қалған гистидин, изолейцин, фенилаланин триптофан, валин бұлшық еттердегі мөлшері біршама бір-біріне шамалас мөлшерде кездесті. Валин организм үшін өте маңызды амин қышқылы болып табылады, егерде ол адам организмінде жетіспесе онда жүйке жүйесінің қызметы нашарлайды, түйе еті валиннің таптырмайтын қайнар көзі бола алады. Зерттеп отырған бұлшық еттерінде треонин мен метиониннің басқа амин қышқылдарына қарағанда мөлшері аз болды. Метиониннің маңызы жоғары, егер организмде аз болса жас өспірімдердің өсіуі тоқтап, липидтер алмасуы бұзылады. Бұл алмаспайтын амин қышқылдары организмде түзілмейді.

Кесте-1 де зерттеп отырған бұлшық еттерде соның ішінде Арқаның тік бұлшық еті мен арқаның ұзын бұлшық еті немесе жартылай сіңірлі бұлшық ет алмаспайтын амин қышқылдары ішінде ең жоғарғы деңгейі лизин мен лейцин ең көп.

Кесте-2 Түйе етінің құрамындағы маңызды алмасатын амин қышқылдары глутамин және аспаргин қышқылдарының мөлшері 15.9-18.6%, 9.3-10.8% аралығында болатыны дәлелденді, аспаргин мен глутаминнің ең көп мөлшері ол бұлшық етінде. Келесі көп мөлшердегі алмасатын амин қышқылы аланин, аланин табиғатта көп таралған алмасатын амин қышқылы. Ал арқаның ұзын бұлшық еті мен Арқаның ұзын бұлшық еті немесе жартылай сіңірлі бұлшық еттерінде тирозин мөлшері болмай-



## • Технические науки

тындығы анықталды. Бұл зерттеуде алмасатын амин қышқылдарының мөлшері әртүрлі бұлшық еттер арасында біршама айырмашылық болатындығы дәлелденді. Түйе еті алмасатын амин қышқылдарына мол маңызды қайнар көз болып табылады.

2-кесте. Түйе бұлшық еттеріндегі алмасатын амин қышқылдары мөлшері. %

Бұлшық ет түрлері	Амин қышқылдары, %						
	Аланин	Аспаргин	Глутамин	Глицин	Пролин	Серин	Тирозин
Арканың тік бұлшық еті	6.5	9.3	15.9	4.3	3.9	3.6	-
Арканың ұзын бұлшық еті	6.3	9.3	17.1	6.0	5.4	3.5	1.6
Жартылай сіңірлі бұлшық ет	6.3	8.6	16.4	5.9	5.9	3.6	1.9
Қыратты бұлшық еті	4.9	9.6	18.4	4.6	5.1	3.1	0.5

Экономикалық дамуының тұрақты болуы, кәзіргі Қазақстандағы нарықтық қатынастардың кеңеюі, мал басының көбеюі республиканың ет өнеркәсібінің дамуын қамтамасыз етеді. Сонымен қатар, соңғы жылдары ішкі нарықта құстың, шұжық өнімдер мен ет консервілерінің импорт беталыстың арттыуы байқалады. Өндірушілермен ұсынылатын түйе етінен жасалған деликатес (сапалы) өнімдерінің ассортименті бірнеше шектелген, Ал функционалды арналған ет өнімдері өндірілмейді десе де болады. Дегенмен ғалымдармен және мамандармен осы бағытта едәуір және жемісті жұмыстар жүргізіліп жатыр.

Қазақстанда түйе еті жергілікті тамақтану рационында бұрыннан басты орын алады. Алғашқыда қазақ елі жеке ет кесінділерінің әртүрлі қоректік және дәмдік сапасын есепке алып түйе ұшасын жіліктеудің дәстүрлі өнеркәсібінде қолданатын әдістен өзгешеленетін арнайы әдістерін қолданған /38/

Жалпы ет боршалаудың ұлттық сызбанұсқасын құруының жалпы ұстанымдары:

- табиғи түрде сату үшін ұшаның тағамдық құндылығы бойынша ең жақсы кесінділерін алу;
- ұшаның құндылығы төменірек болатын ет кесінділерін кулинарлық қолдану және өнеркәсіптік қайта өңдеу үшін;
- сүйекке, жартылай сүйектері алынған, сүйексіз және артық майдың алынған ет кесінділерін шығару;
- ет кесіндінің тағамдық құндылығына және кулинарлық сапасына қарай дифференциалды бағаларды қолдану.

Бөлшектеп сатуға арналған түйе ұшасын жіліктеу морфологиялық құрамы мен тағам құндылығы бойынша жоғарлау немесе төмендеу біртекті сапасы болатын ет кесінділерін сұрыпты бөліп алуын қарастырады. Бұл өнеркәсіптік өндеуде ұшаны ұтымды пайдалануға немесе еттің тағамдық құндылығына сәйкес болатын бағамен сатуға мүмкіндік береді. Өкінішке орай, осы уақытқа дейін әлі түйе ұшаларының сұрыпты бөлшектеудің бірде бір мемлекеттік стандарты жасалмаған. Республиканың жеке аймақтарында практикада түйе ұшаның бөлшектеудің белгілі сызбанұсқалар қолданалады.

Мысалы, Семей ет комбинатында ұшаны 9 кесектерге бөледі және әр ет кесіндесінде бұлшық ет, май, сүйек, дәнекер тіндерінің арықатынасы ескерілген. Сондай-ақ, еттің химиялық және морфологиялық құрамы зерттелген және оның каллориялылығы (қуаттылығы) анықталған. Морфологиялық және химиялық анализдерден алынған нәтижелердің негізінде ұшаның сұрыпты бөлшектеудің келесі схемасы ұсынылған: мойын, жауырын, арқа, төс (кеуде), бел, қабырғаның көк еті, жамбас, алдыңғы аяқ жілігі, артқы аяқ жілігі. Бірінші сортқа арқа, төс, бел, қабырғаның көк еті, жамбас ет кесінділерін жатқызады; екінші сортқа – жауырын мен мойын бөліктерін; үшіншіге – артқы мен алдыңғы сирақтырын жатқызады.

Түйе шаруашылығының ғылыми-зерттеу институтымен ұсынылған сызбанұсқа түйе ұшаның бөлшектеудің ең қолайлысы болып табылады. Яғни, ұшаны келесі схема бойынша қасаптайды (ұшаны бұтырлайды): желке еті (зарез), мойын, жал, жауырын, иық асты бөлігі, кеуде бөлігі, төс, арқа бөлігі, қабырға бөлігі, бел, қабырғаның көк еті, артқы жамбас бөлігі, алдыңғы аяқ жілігі және артқы аяқ жілігі.

Түйе ұшасын боршалаудың көптеген әдістерден көбінесе келесі әдісті қолданылады:

- мойын бөлігі;
- жаурын бөлігі;
- кеуде (төс);
- бұғана – бірінші мен екінші қабырғалары кіреді;
- қара қабырға – қабырға алдыңғы бөлігі – ет кесіндісіне 3-6 қабырға кіреді;
- қазы - қабырға артқы бөлігі – ет кесіндісіне кейінгі қалған 12 қабырғалары кіреді;
- ұзын омыртқа – алдыңғы 12 төс омыртқаларынан құралған;
- балекей – соңғы 6 төс омыртқалары кіреді;
- белдеме – 6 бел омыртқалары кіретін бел бөлігі;
- жая – сауыр бөліктегі аралас бұлшық еті бар май қабаты;
- жамбас бөлігі.

**3-кесте. Түйе етінің таза еті және ішкі майының сою шығымы**

Мал басы- наң саны	Семіздігі	Малдың сою ал- дындағы салмағы, кг (орташа мәні)	Ұшаның сал- мағы, кг (ор- таша мәні)	Ішкі майының салмағы, кг (орта- ша мәні)	Сою шығымы	
					кг	%
2	Жоғары	368,5	183,7	3,7	187,4	50,9
3	Орташа	338,2	164,1	2,8	166,9	49,4

Өкінішке орай, белдеме мен мойынды тек қоғамдық тамақтандыруда және тұрмыстық жағдайда сорпалар дайындау үшін пайдаланады. Осымен олардың кулинарлы қолдануы шектеледі. Осы кесектерде сүйек тіндері көп мөлшерде, ал бұлшық ет тіндері аздау болады. Бірақ, тағамдық комплесті арақатынаста алғанда басқа ет кесінділерінен тағамдық пайдалы қасиеттері бойынша кем болмайды. Бұл бөліктер қазақ ұлттық тамақтануда өте маңызды, себебі түйе ұшасының аталған бөліктері ет тарту дәстүріне сәйкес табаққа салынады.

Түйелердің жартылай ұшаларын аспалы жолдарда келесі 6 кесінділеріне боршаладық:

- мойын бөлігі – соңғы мойын мен бірінші төс омыртқасы сызығы бойынша;
- жауырын бөлігі – төс жағы мен жауырынның жалғасқан тұсы бойынша;
- төс (кеуде) бөлігі – кеуде бөлігінің 5-ші қабырғасынан соңғы қабырғасына дейінгі тұсы бойынша;
- арқа бөлігі – кеуде және бел омыртқалар тұсы бойынша;
- жамбас бөлігі – жамбас сүйегі бойынша;
- артқы бөлігі – жамбас сүйегінен ажыратылған қалған бөлігі бойынша.

**ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] Я. М. Узаков, И. М. Чернуха. И снова о верблюжатине: исследование нутриентного состава // Мясная индустрия. – 2014. - №12. – С. 30-32.  
 [2] В.Б. Крылова, Т.В. Густова, Н.Н. Манджиева. Использование нетрадиционного животного сырья в технологии мясных и мясорастительных консервов // Мясная индустрия. – 2010. - № 11. – С. 20-23.  
 [3] Я. М.Узаков, А. М. Таева, Б. С. Тамабаева. Химический состав и пищевая ценность верблюжатины // Мясная индустрия. – 2015. -№11. – С. 36-37.  
 [4] Лисицын А.Б., Липатов Н.Н., Кудряшов Л.С. и др. Производство мясной продукции на основе биотехнологии. -М. ВНИИМП.-2005-369 с.  
 [5] Узаков Я.М Диханбаева Ф.Т., Абжанова Ш.А., Ергазы улы С., Рскелдиев Б.А. Новые виды цельномышечных варено-копченых мясных продуктов // Мясная индустрия, г.Москва, 2010, №2 С. 42-44 с.

Узаков Я. М., Таева А. М., Медеубаева Ж.М., Макангали К. К., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.

**Исследование биологической ценности верблюжатины**

**Резюме.** Статья посвящена рациональному использованию верблюжатины в производстве мясных продуктов. Были определены химический состав мясного сырья, аминокислотный состав, качественные показатели. Химический состав верблюжатины сопоставим с другими традиционными видами мясного сырья.

**Ключевые слова.** Мясные продукты, колбасная продукция, белковая-жировая эмульсия, пищевая ценность, верблюжатина, горбовой жир.

Uzakov Y. M., Taeva A.M., Медеубаева Ж. М., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.

**Investigation of the biological value of camel**

**Summary.** The article is devoted to the rational use of buckwheat in the production of meat products. The chemical composition of meat raw materials, amino acid composition, qualitative indices were determined. The chemical composition of the camel is comparable to other traditional types of meat raw materials.

**Keywords.** Meat products, sausage products, protein-fat emulsion, nutritional value, camel, and fat.

УДК 637.525

**Я. М. Ұзақов, А. И. Матибаева, Ж.С. Желеуова, А. Даулетханқызы, Е.К. Туғанбай**  
(Алматы технологиялық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы,  
[uzakm@mail.ru](mailto:uzakm@mail.ru))

**ӨСІМДІК ҚОСПАСЫ ҚОЛДАНЫП ҚОЙ ЕТІНЕН ЖАСАЛҒАН ҰЛТТЫҚ ТАҒАМНЫҢ  
БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** Соңғы жылдары ет өнімдерінің ассортименттерінің кеңеюі, олардың өсімдік тектес және жануар препараттарының рецептурасынан алынғандығын көздейді. Өсімдік шикізаты ет өнімдерінің технологиялық қасиеттерін, оның тауарлық түрі мен органолептикалық қасиеттерін елеулі түрде өзгертеді. Қой етінен жасалатын дайын өнімдердің құрылымды-механикалық қасиеттерін жоғарылату мақсатында шикізатты алдынала механикалық өңдеуден өткізу нәтижелері зерттелді. Дайын өнімдердің тағамдық құндылығын арттыру мақсатында өсімдік қоспасын қолдану мүмкіндіктері қарастырылды.

**Негізгі сөздер:** қой еті, ұлттық тағамдар, биологиялық құндылық, тағамдық құндылық, амин қышқылды құрамы, кешенді өңдеу.

**Кіріспе.** Технологиялық үрдістерді қарқындату және нәзіктілігі, шырындылығы, иісі мен дәмін жақсартатын заманауи биотехнологиялық әдістерді қолдану тұздалған ет өнімдерінің өндірісін ұлғайтып, ассортиментін кеңейтуге мүмкіндік береді.

Электр ынталандырудың қой етінің сапалық көрсеткіштеріне әсерін зерттеу, электр тогымен өңдеу союдан кейінгі қату үрдісін жылдамдататынын көрсетті. Электр ынталандыру етті аңа сойылған немесе салқындалатын күйінде етті автолиздің бастапқы кезеңдерінде қолдануға мүмкіндік береді.

Қой етінен тұздалған өнімдер өндіру кезінде, етті тұздықпен егіп, электр ток әсер етті, содан кейін массажерде 6 сағат бойы өңдеді. Пісіріліп-қуырылған өнімдер жасау үшін ерттеу нысаны ретінде қондылығы 1 және 2 категория қой ұшасы қолданылды.

Электр уқалаусыз жасалған бақылау үлгілері тәжірибелікпен салыстырғанда өнімнің шығымы 4,5-5,0 % -ға кем болды.

Зерттеу әдістері. Еттің химиялық құрамын анықтау ет және ет кнімдерінің сапасын, тағамдық құндылығын, құрамындағы ылғал, ақуыз, май және минералды заттар жайлы білуге мүмкіндік береді. Зерттеу әдістерін барлық МЕМСТ бойынша орындалды. Зерттеу объектісі ретінде жылқы еті алынды.

Дайын өнімнің сапасын кешенді бағалау үшін қой етінен жасаған тұздалған өнімдердің органолептикалық талдауын жүргізді. Дайын өнімдер жоғары дәмдік қасиеттерге ие екенін көрсетті.

Тәжірибелік үлгілердің органолептикалық бақылаумен салыстырғанда 0,5-0,8 баллға жоғары екенін көрсетті, бұл элетромеханикалық әсер етудің пайдасын дәлелдейді. Дайын өнімнің органолептикалық бағалау нәтижелері кесте 1-де берілді.

1-кесте. **Қой етінен жасалған өнімдердің органолептикалық бағалауы, балл**

Көрсеткіштер	Пісіріліп-қуырылған жамбас		Қуырылған шұжық	
	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау
Түсі	4,90	4,80	4,92	4,78
Иісі	4,76	4,72	4,80	4,82
Дәмі	4,81	4,82	4,79	4,84
Шырындылығы	4,86	4,81	4,82	4,71
Жалпы бағасы	4,83	<b>1,78</b>	4,83	4,79

Қой етінен механикалық өңдеу, электр массирлеу қолданып, АМЭ қосып жасалған «Пісіріліп-қуырылған жамбас» және «Қуырылған шұжық» химиялық құрамы кесте 1-де көрсетілген.

Зерттеу нәтижелері қой етінен жасалған тұздалған өнімдердің тәжірибелік үлгілерінің химиялық құрамы бай келетінін дәлелдеді. Бұл тұздыққа АМЭ енгізуімен түсіндіріледі. Сонымен, Са мен Fe минералдық заттардың мөлшері бақылаумен салыстырғанда тәжірибелік үлгілерде 35-40%-ға жоғары болды.

2-кесте. **Қой етінен жасалған өнімдердің химиялық құрамы**

Көрсеткіштер атауы	Пісіріліп-қуырылған жамбас		Қуырылған шұжық	
	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау
Ылғалдылық, %	67,4	69,5	69,1	70,4
Ақуыз, %	24,6	23,5	24,1	23,0
Май, %	5,7	4,6	5,2	4,2
Күл, %	1,4	1,3	1,5	1,4
Дәрумендер, мг %				
B <sub>1</sub>	0,08	0,07	0,09	0,07
B <sub>2</sub>	0,14	0,14	0,12	0,10
РР	4,4	3,9	4,6	4,3
С	0,17	0,15	0,19	0,16
А	2,04	1,04	2,04	1,04
Е	1,12	0,74	1,11	0,64
Минералдық заттар, мг %				
Натрий	75,3	75,0	74,8	74,9
Калий	312,4	300,2	303,5	302,4
Кальций	14,4	9,2	14,7	9,3
Магний	23,7	21,6	24,2	21,7
Фосфор	188,6	186,4	187,7	184,9
Темір	6,9	4,2	6,8	4,3

Жүргізілген тәжірибелер тұздық құрамында АМЭ-ны қолдану қой етінен жасалған тұздалған өнімдердің ылғал байланыстырушы қасиетін жоғарлатуға және құрылымды-механикалық қасиеттерін жақсартуға мүмкіндік береді. АМЭ қосылған қой етінен жасалған тұздалған өнімдердің ылғал байланыстырушы қасиеті тұздықта ұстау уақытына байланысты өзгереді. Еттің ылғал байланыстырушы қасиеті (ЫБК) 5 күн бойы ұстаған кезде жоғарылайды, ал механикалық өңдеуді қолдану ЫБК-тің бірінші 24 сағатта жоғарлатуына мүмкіндік береді. Ары қарай ұстаған кезде ЫБК айтарлықтай өзгермейді (69,0-69,3%).

АМЭ-ны қолдану ет өнімдерінің беріктік қасиеттеріне оң әсер етеді. Үлгілердің иілгіштігі 48 сағат ішінде 3,45-дан 4,24 м<sup>2</sup>/кг-ға дейін өзгереді, ары қарай айтарлықтай өзгермейді. Механикалық өңдеуді қолдану иілгіштікті 8-9%-ға көтереді. Кесу кернеулігін зерттеу ет иілгіштігінің өзгеру заңдылығын дәлелдейді. Сонымен, қой етінен жасалған ет өнімдердің кесу кернеулігі 420-дан 170 кПа-ға дейін төмендейді, айта кеткенде механикалық өңдеуді қолдану кесу кернеуінің мәнін жылдам төмендеуін қамтамасыз етеді.

АМЭ қолданып, механикалық өңдеуден өткен қой етінен жасалған ұлттық ет өнімдерінің сапалық қасиеттері кесте 3-те берілді.

3-кесте. **«Пісіріліп-қуырылған жамбас» өнімінің сапалық қасиеттері**

Көрсеткіштер	«Пісіріліп-қуырылған жамбас»	
	Тәжірибе	Бақылау
Калориялығы, ккал	149,7+2,6	160,4+3,2
Шығым, %	73,2+1,8	67,2+1,6
Са, мг %	14,8+0,7	9,1+0,6
Fe, мг %	6,8+0,4	6,1+0,3
Органолептикалық бағалау, балл	4,83	4,18

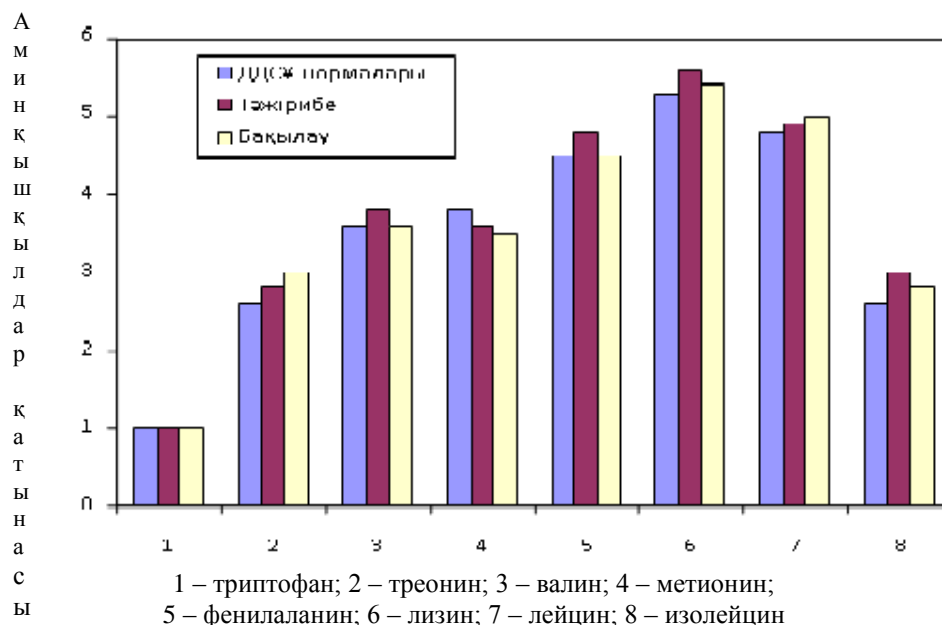
4-кесте. Қой етінен жасалған өнімдердің май қышқылды құрамы (%)

Май қышқылдардың атауы	Пісіріліп-қуырылған жамбас		Қуырылған шұжық	
	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау
Лаурин	0,2	0,1	0,1	0,1
Миристин	3,6	3,4	3,2	3,6
Пентадекан	0,1	0,1	0,1	0,1
Маргарин	0,1	0,2	0,2	0,2
Стеарин	32,1	36,2	31,9	37,4
Тетрадецен	0,3	0,3	0,2	0,3
Гексадецен	1,8	1,6	1,9	1,7
Қаныққан май қышқылдардың барлығы	38,2	41,9	37,6	43,4
Миристолеин	2,3	0,8	3,7	0,8
Пальмитолеин	2,9	2,4	3,1	2,8
Олеин	40,1	35,1	41,3	35,9
Линол	4,7	0,5	4,3	0,4
Линолен	2,7	0,1	2,9	0,1
Арахидон	1,9	0,1	2,1	0,1
Қанықпаған май қышқылдардың барлығы	54,6	38,9	58,0	40,2

АМЭ қосылып тұздалған қой етінен жасалған пісіріліп қуырылған өнімдердің май қышқылды құрамы зерттелді. Сонымен, дайын өнім құрамындағы қанықпаған май қышқылдар мөлшері 54,6%, яғни бауылау партияларымен салыстырғанда 16%-ға көбірек. «Қуырылған шұжық» және «Пісіріліп-қуырылған жамбас» құрамындағы май қышқылдар мөлшері сәйкесінше 58,0 және 40,2; 57,5 және 40,72%.

Қой етінен жасалған тұздалған өнімдердің тәжірибелік және бақылау партияларының химиялық құрамын зерттеу негізінде олардың энергетикалық құндылығы, ақуыз бен майдың теңдігі, тағамдық құндылықтың формуласы энергетикалық және салмақтық мәнде есептелді.

Сурет 1-де «Пісіріліп-қуырылған жамбас» өнімі құрамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының балансалған тамақтану формуласына сәйкестігі көрсетілді.



1-сурет. «Пісіріліп-қуырылған жамбас» өнімі құрамындағы алмастырылмайтын аминқышқылдарының балансалған тамақтану формуласына сәйкестік дәрежесі

Зерттелген дайын өнімдер балансталған тамақтану талаптарына сәйкес келеді. Ақуыз бен майлар бөлетін қатынасы 1: 0,25 шамасында болады. Интегралды скор энергетикалық нұсқасы қой етінен жасалған дайын өнімдердің жоғары биологиялық құндылыққа ие екенін дәлелдейді. Сонымен, тәуліктік калория 10% мөлшерінде олар адамның ақуызға қажеттілігін 31%-ға, оның ішінде жануар тектес ақуыздарға 49%-ға қанағаттандырады. Биологиялық құндылықты бағалау кезінде ақуыз құрамындағы алмасатын және алмаспайтын аминқышқылдар қатынасы маңызды орын алады. Алмаспайтын аминқышқылдар мөлшері биологиялық құндылықтың негізгі көрсеткіштерінің бірі болып табылады. Дайын өнімнің аминқышқылды құрамы 5 кестеде көрсетілген.

Қолданыстағы нормативтік құжаттарға сәйкес тағам өнімдерін өндіру кезінде микробиологиялық бағалау жүргізіледі. Себебі, шикізат қабылдау және сақтау шарттарына байланысты 1 г құрамында жүз мыңнан бірнеше миллионға дейін микробтық жасушалар болу мүмкін. Тұздаудан кейін 1г ет құрамында 6-дан 7 миллионға дейін микробтық клеткалар құрайды, өйткені өңдеу, тұздықты ұстау, араластыру, дәмдеуіштерді қосу еттің сыртқы ортамен әсер ету және шикізатқа әртүрлі бактериалар, оның ішінде ішек таяқшасын кіру ықпалдылығын көбейтеді. Дайын өнімнің микробиологиялық көрсеткіштері 6 кестеде берілген.

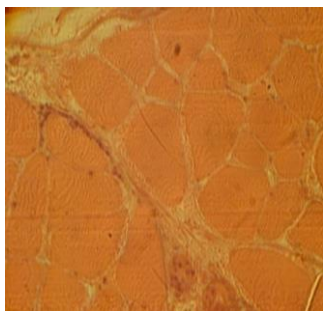
5-кесте. Қой етінен жасалған дайын өнімдердің ақуыздардың амин қышқылды құрамы, г/100 г өнім

Аминқышқылдар	Пісіріліп-қуырылған жамбас		Қуырылған шұжық	
	Тәжірибе	Бақылау	Тәжірибе	Бақылау
Лизин	1,64	1,62	1,65	1,61
Треонин	0,66	0,67	0,67	0,64
Валин	1,07	1,02	1,04	1,00
Метионин	0,94	0,90	0,92	0,88
Изолейцин	1,04	0,98	1,01	1,04
Лейцин	1,81	1,84	1,84	1,79
Фенилаланин	1,04	1,01	1,09	1,02
Триптофан	0,67	0,66	0,72	0,69
Алмаспайтын барлығы	8,87	8,70	8,94	8,67
Гистидин	0,81	0,82	0,79	0,80
Аспарагин	2,14	2,15	2,15	2,04
Серин	1,02	1,04	1,03	0,92
Глутамин	1,79	1,77	1,82	1,73
Пролин	1,23	1,25	1,18	1,10
Глицин	1,04	1,11	1,09	1,01
Аланин	1,34	1,27	1,29	1,32
Цистин	0,95	0,92	1,01	0,95
Тирозин	0,92	0,95	0,99	0,92
Оксипролин	0,20	0,18	0,22	0,20
Алмасатын барлығы	13,13	13,14	13,29	12,57
Барлығы	22,0	21,84	22,23	21,24

6-кесте. Дайын өнімнің микробиологиялық көрсеткіштері (1 г ішінде мың жасуша саны)

Көрсеткіштер атауы	Пісіріліп-қуырылған жамбас	Қуырылған шұжық
Микробтық жасушалар барлығы	<b>0,645</b>	0,737
Сүтқышқылды бактериалар	0,099	0,072
Ішек таяқшалары	-	-

Өнімнің бақылау үлгілер кесінділерінің микроскопиясын зерттеу кезінде келесі анықталды. Ет кесектеріндегі бұлшықет талшықтары тіке, ісінілген, бір біріне тығыз орналасқан (сурет 2).



бақылау



тәжірибе



тәжірибе

**8-сурет.** Дайын өнімнің микроқұрылымы

Көлденен сызықтары байқалмайды немесе шартсыз орналасқан. Бұлшықет талшықтарының кейбір жеке бөліктерінде анық сақталуы мүмкін. Бұлшықет ет талшықтарының бұзылу дәрежесі жоғары және микрожарылу, көлденең ажырасу, және олардың фрагментациялары ретінде көрінеді. Сол бөліктердегі пайда болған талшықтардың ұштарының айрылуы айтарлықтай емес. Сарколемма саркоплазмдан ажыратылған. Жасушалық ядролар бұлшықет талшықтарының периферияларында орналасқан және домалақ немесе овал формалы болып келеді. Май ұлпасының жалпы архитектурасы сақталған, технологиялық өңдеу нәтижесінде айтарлықтай емес бұзылу белгілерімен сипатталды. Липоциттардың бұзылуы шектеулі.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Лисицын А.Б., Липатов Н.Н., Кудряшов Л.С. и др. Производство мясной продукции на основе биотехнологии.-М. ВНИИМП.-2005-369 с.
- [2] Узаков Я.М Диханбаева Ф.Т.,Абжанова Ш.А., Ергазы улы С., Рскелдиев Б.А. Новые виды цельномышечных варено-копченых мясных продуктов // Мясная индустрия, г.Москва, 2010, №2 С. 42-44 с.
- [3] Я.М. Узаков. Биотехнологические аспекты создания продуктов из баранины нового поколения. КазгосИНТИ – Алматы.: 2005.
- [4] Узаков Я.М., Прянишников В.В., Ильяков А.В. Белки и пищевые волокна в мясных технологиях. Издательство «Эверо»– Алматы.: 2013
- [5] Узаков Я.М., Соловьев А.Ю.,Байболова Л.К., Жаксылыкова А.Н. Разработка технологии функциональных мясных продуктов Мясная индустрия, Москва 2010. - №3, с.51-52 с

Узаков Я. М., Таева А. М., Медеубаева Ж.М., Макангали К. К., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.

#### **Исследование биологической ценности верблюжатины**

**Резюме.** В статье рассматривается вопрос о применении растительных компонентов при производстве национальных мясных продуктов из баранины. Исследованы физико-химические показатели готовой мясной продукции из баранины. Влияние растительно-белковой композиции на готовый продукт. Были проведены микроструктурные исследования национального мясного продукта из баранины.

**Ключевые слова:** баранина, национальные мясные продукты, биологическая ценность, пищевая ценность, аминокислоты, комплексная переработка.

Uzakov Y. M., Matibayeva A. I., Желеуова Ж.С., Dauletkhankyzy A., Туғанбай Е.К.

#### **Research of lamb nutritional value**

**Summary.** The article discusses the use of vegetable components in the production of national meat products from mutton. The physicochemical parameters of finished meat products from lamb are studied. Effect of the vegetable protein composition on the finished product. Microstructural studies of national meat products from mutton were conducted.

**Key words:** Lamb, national meat products, biological value, nutritional value, amino acids, complex processing



УДК 620.9 (470.21)

**Б.К. Алияров, А.Б. Тұрар**

(Казахский Национальный аграрный университет, Алматы, Республика Казахстан,  
[wc3\\_abai@mail.ru](mailto:wc3_abai@mail.ru))

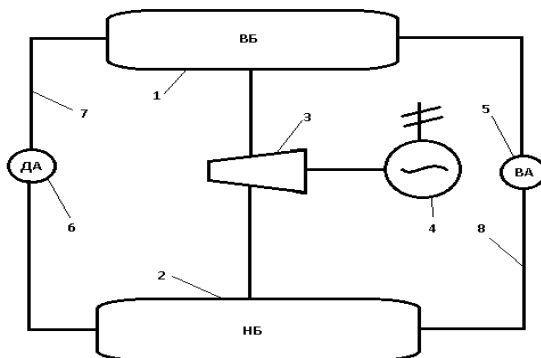
## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРО ГЭС С ВЕТРОВЫМ АГРЕГАТОМ**

**Аннотация:** Известны гидравлические электрические станции, на которых кинетическая энергия воды, движущаяся по трубе, превращается в механическую энергию вращения гидравлической турбины, которая в последующем преобразуется в электрическую энергию. Существуют также гидравлические электрические станции, в которых (в часы ночного провала потребления) турбина работает в насосном режиме, перекачивая воду из нижнего в верхний бьеф (по трубе, по которой она поступает в турбину при нормальном режиме). Однако это возможно при наличии центральной электрической сети. В связи с этим в данной работе рассматривается вариант, при котором вода из нижнего бьефа поднимается в верхний по собственной трубе. Перекачивание воды может быть обеспечено насосом, приводом которого служат либо ветровой или дизельный агрегат.

**Ключевые слова:** вода, электрическая станция, ветер, дизельный агрегат.

Традиционные ГЭС работают на кинетической энергии потока воды, поступающей на турбину из верхнего бьефа. В связи с этим режимом работы напрямую связан с наличным напором и доступным объемом воды. Для увеличения объема воды поступающей на турбину иногда используется схема, при которой в часы ночного провала турбина переводится в насосный режим (приводом которого служит собственный генератор), что позволяет накопить заметный дополнительный объем воды в верхнем бьефе. За такими ГЭС закрепилось название гидроаккумулирующих (ГАЭС) установкам. С другой стороны известны и ветровые агрегаты в которых кинетическая энергия ветра превращается в электрическую энергию, однако в связи со спецификой ветровой энергии (не постоянство по времени и по скорости ветра) эти агрегаты получаются достаточно сложными и производимая энергия становится заметно дороже. Специфика работы ГЭС допускает использование практически любой способ перевода части воды из нижнего бьефа в верхний. В рассматриваемой работе предложен вариант использования ветрового агрегата в качестве привода для насоса, перекачивающего воду из нижнего бьефа в верхний. При этом желательно перекачивание воды осуществлять по самостоятельной трубе. Учитывая нестабильность ветровой энергии привод этого насоса предусмотреть возможность использования дизельного агрегата. Если совмещение возобновляемой энергии и традиционной энергии называют бивалентной схемой то рассматриваемый вариант можно назвать тривалентной схемой, т.к. электрическая энергия производится из трех относительно независимых источников. Переход на тривалентную схему позволяет с одной стороны уменьшить отрицательное влияние специфики применения гидравлической и ветровой энергии. С другой стороны снижает потребление дизельного топлива. С третьей стороны установка насоса с независимым перекачиванием воды из нижнего бьефа в верхний (по собственной трубе) как бы увеличивает сток используемого источника гидравлической энергии. Еще одним достоинством предлагаемого варианта тривалентной схемы можно считать его пригодность для снабжения электрической энергией изолированного потребителя. На речках с относительно малым стоком и малыми напорами небольших реках сочетание *ВА и малых ГЭС* является очень перспективным направлением для решения энергетических проблем горного региона. Большое значение имеют гидрогеологические и топографические условия района сооружения гидроаккумулирующих станций. С увеличением напора необходимая емкость аккумулирующих бассейнов и величина расхода воды соответственно уменьшается. Например, гористая местность с крутыми склонами, обеспечивающая получение больших напоров при коротких трубопроводах, является наиболее подходящей по экономическим условиям для сооружения гидроаккумулирующих установок. Однако при этом нельзя забывать, что необходимыми условиями является наличие хороших ветровых условий в районе и удобное расположение ВА. Подобные *гибридные установки* имеют ряд дополнительных (относительно перечисленных) преимуществ. Во - первых, сезонная динамика потребления электрической энергии совпадает с сезонными изменениями уровня воды и скоростей ветров. Во- вторых, в зимние месяцы, особенно на смене дня и ночи, ветер набирает силу, что по времени это совпадает с суточным максимумом потребления электроэнергии.

Особенность использования микро ГЭС с ветровым (дизельным) агрегатом, работа состоит в том, что проектирование объектов использующих два взаимно дополняющие источника возобновляемой энергии – ветровой и гидравлической. Комплекс ГЭС с ветровым (дизельным) агрегатом реализует принцип гидравлического аккумулирование энергии водохранилищем ГЭС. Установки ВИЭ снабжают электроэнергией непосредственно потребителя. Этот комплекс обычно используется в ветро и ГЭС с суммированием производимой электрической энергии. В рассматриваемом варианте суммируется механическая энергия (от ветрового и гидравлической турбины) т.к. кинетическая энергия ветра, превращается в механическую энергию. Схема тривалентного объекта показана на рис.1:



**Рис-1.** Схема тривалентного объекта

- 1) Верхний бьеф (ВБ);
- 2) Нижний бьеф (НБ);
- 3) Гидравлическая турбина;
- 4) Генератор;
- 5) Ветровой агрегат (ВА);
- 6) Дизельный агрегат (ДА);
- 7) Труба Д и ВА;
- 8) Труба ВА.

Система работает следующим образом: вода поступает с ВБ (1) в НБ(2) через гидравлическую турбину(3), турбина подключена через вал на ротор генератора(4) и производится электрическая энергия для потребителей. Отработавшая вода из нижнего бьефа возвращается в верхний бьеф насосом (по своей трубе). Насос может приводиться в действие ветровым (5) или дизельным агрегатом (6). Таким образом, ветровая энергия используется как бы для увеличения объема верхнего бассейна.

Методика расчетов мощностей текущей воды, приводящих в движение турбину микро ГЭС можно рассчитать, используя следующие уравнения:

$$P = 0,098 Q * H, (1)$$

$$n = Q * s * g * H (2)$$

$$Q = \pi * d^2 * v / 4 (3)$$

$$N_{стр} = \pi * d^2 * s * v^3 / \eta * 8 (4)$$

где  $P$  - мощность (кВт);

$Q$  - расход воды (л / сек);

$H$  - полный гидростатический напор (м);

$n$  – скорость вращения работающего рабочего колеса - турбины (об/мин.);

$N_{стр}$  – мощность струи потока;

$S$  - сечение потока (м<sup>2</sup>);

$g$  – 9,8 м/с, скорость свободного падения;

$d$  – диаметр рабочего колеса (м);

$v_{вх}, v_{вых}$  – скорости течения входа и выхода в рабочих колесах (м/сек).

С учётом напора  $H$  мощность потока:

$$P_n = \rho * Q [gH + (v_{2вх}^2 - v_{2вых}^2) / 2] (5)$$

А при учёте КПД турбины с двигателем мощность микро ГЭС равна

$$P_{ГЭС} = 0,098 \eta * P_n (6)$$

Для начала, предположим, что КПД системы равняется 50 % ,т.е.  $\eta=0,5$ . Затем, для определения количества получаемой электроэнергии, используется формула:

$$P = 0,5Q \cdot H$$

Таким образом, необходимый для получения данного количества энергии гидростатический напор равен:

$$H = P/0,5Q$$

Величина гидростатического напора может быть значительной или небольшой. Реально получается, что энергия будет зависеть от того, насколько эффективно вода доставляется от вершины конструкций до ее основания, зависит от размера и используемой трубы. Затем насколько эффективно энергия конвертируется в электричество. Электроэнергия передается от генератора до место использования – жилые здания, оборудование.

*Идея тривалентного комплекса: ГЭС, ветровой и дизельный агрегаты заключается в том, что ГЭС работает стабильно с пониженным расходом топлива на дизельном агрегате. Предлагаемый вариант наиболее перспективен для изолированных потребителей.*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. - М., - Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.
- [2] Соколов С.Я. Теплофикация и тепловые сети. - М., Энергоатомиздат, 1982. – 360 с.
- [3] Елизаров Д.П. Тепло энергетические установки электростанций. -М., Энергоатомиздат, 1982. – 264 с.

Алияров Б.К., Тұрар А.Б.

#### **Жел агрегаты шағын су электр станциясының параметрлерін зерттеу.**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада дизельдік агрегат пен микро СЭС-ның үйлесуінің таулы аймақтағы және оқшауланған тұтынушылардың энергетикада қолдануында үлкен келешегі бар. Жел агрегаты сорғының атқарушы ролі ретінде жұмыс істейді, яғни ол су қоймасының төменгі биефінен жоғарғы биефіне суды сорады.

**Тірек сөздер:** су, электр станциясы, жел, дизель агрегаты.

Aliyarov B.K., Turar A.B.

#### **Study parameters of micro hydro power plants with wind aggregator.**

**Summary.** The article analyzes that the combination of Wind unit and micro hydro electrical station is a very promising direction for solving the energy problems of the mountainous region, as well as for isolated consumers. A version of the use of a wind power unit as a drive for a pump that pumped water from the downstream to the upper one was proposed.

**Key words:** water, electrical station, wind, diesel unit.

УДК 669.09

**Н.Т. Абдрахманова**

(КарГТУ, Караганда, Республика Казахстан  
Abdrakhmanova2209@gmail.com)

#### **ПРИМЕНЕНИЕ ОЛИВИНОВОГО ПЕСКА ДЛЯ ОБЛИЦОВОЧНОЙ СМЕСИ**

**Аннотация.** Исследовано использование оливиновых песков в качестве облицовочной смеси. Рассмотрены преимущества оливинового песка по сравнению с кварцевым песком. Изучение особенностей применения оливинового песка в качестве формовочного, помимо исключения риска заболевания силикозом, выявило ряд его технологических преимуществ перед другими наполнителями. Заданные свойства формовочных смесей и форм обеспечивают прежде всего выбором соответствующих формовочных материалов-наполнителей (песков), связующих материалов и различных добавок.

**Ключевые слова:** облицовочная смесь, наполнители, оливиновый песок.

Удельная теплоемкость оливинового песка примерно такая же, как и кварцевого песка, что говорит о схожести теплофизических свойств этих материалов. Оливиновый песок может использоваться в смеси с хромитовым (50÷50). Такую смесь применяют для увеличения скорости затвердевания.

Следует отметить, что при изготовлении стальных отливок оливиновый песок не должен смешиваться с кварцевым, поскольку при нагревании они вступают в химическую реакцию и образуют

легкоплавкие соединения. Благодаря своей высокой основности ( $pH\ 9,2=9,5$ ), оливин может быть идеально использован с неорганическими связующими, например, жидким стеклом, бентонитами, глинами, цементами и др.

Угловатая форма зерен оливинового песка позволяет даже для мелкозернистого песка при усиленной набивке сохранять газопроницаемость, что наиболее важно для исключения газовых дефектов в отливке. Низкое и постоянное термическое расширение позволяет избегать линейных дефектов в отливках, а также засоров, вызванных разрушением формы при заливке из-за неравномерного прогрева (в отличие от форм из кварцевого песка), уменьшает количества добавок компенсационных материалов, призванных уменьшить влияние теплового расширения (органические добавки), и, как следствие, сокращение размерных дефектов.

Использование песка оливина позволит повысить металлургические свойства окатышей, а именно:

- благодаря большому содержанию  $MgO$  оливиновый песок увеличивает стойкость промышленных печей,

- в железорудных окатышах оливиновый песок минимизирует ввод в шихту дополнительного количества сырых флюсов и, соответственно, уменьшает тепловые потери.

По сравнению с кварцевым песком оливин имеет низкое и равномерное термическое расширение, это позволяет получать более стабильную и контролируруемую размерную точность.

Оливиновый песок должен поддерживать свойства формовочных и стержневых смесей:

1) прочность – способность смеси обеспечивать сохранность формы без разрушения при изготовлении и эксплуатации;

2) поверхностную прочность (осыпаемость) – сопротивление истирающему действию струи металла при заливке;

3) пластичность – способность воспринимать очертание модели и сохранять полученную форму;

4) податливость – способность смеси сокращаться в объеме под действием усадки сплава;

5) текучесть – способность смеси обтекать модели при формовке, заполнять полость стержневого ящика;

б) термохимическую устойчивость или непригарность – способность выдерживать высокую температуру сплава без оплавления или химического с ним взаимодействия;

7) не гигроскопичность – способность после сушки не поглощать влагу из воздуха;

8) долговечность – способность сохранять свои свойства при многократном использовании.

Оливиновый песок применяют в облицовочных формовочных смесях при изготовлении крупных стальных отливок, что позволяет получать их с более чистой поверхностью, чем при использовании кварцевого песка. Как показывают эксплуатационные испытания после выбивки, очистки и термообработки отливки визуальный контроль не выявило поверхностных дефектов. Объемные дефекты, влияющие на эксплуатационные характеристики изделия, на отливке также не обнаружены.

Надо отметить, что ускоренная кристаллизация, которую обеспечивает оливин за счет несколько повышенной теплопроводности, достаточно эффективно измельчает первичное строение, заметно повышая при этом все основные физико-механические свойства стали. Особенное преимущество оливинового песка проявляется при производстве тяжелых отливок, когда требуется сопротивление высокому ферростатическому давлению, что обусловлено медленным и линейным характером объемных изменений. Оливин не имеет аллотропических превращений, стоек к ошлакованию оксидами железа. Температура спекания  $1450\ ^\circ C$ , начинается сплавляться при температуре свыше  $1760\ ^\circ C$ , точка плавления между  $1800$  и  $1850\ ^\circ C$ .

Оливиновые пески в мировой практике широко используются при изготовлении отливок из чугуна (серый, высокопрочный и ковкий) и сталей всех типов, особенно марганцовистых. Благодаря своей основной химической природе, в отличие от кварцевого песка, оливиновый не взаимодействует с марганцем.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Боровский Ю. Ф. Формовочные и стержневые смеси / Ю. Ф. Боровских, М. И. Шацких. – Л.: Машиностроение. Ленингр.отд-ние, 1980. – 86 с.

[2] Васильев В. А. Физико-химические основы литейного производства: Учебник для вузов. – М.: Ин-термет Инжиниринг, 2001. – 336 с.

[3] Гуляев Б. Б. Формовочные процессы / Б. Б. Гуляев, О. А. Корнюшкин, А. В. Кузин. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 264 с.

[4] Формовочные материалы и смеси / С. П. Дорошенко, В. П. Авдокушин, К. Русин, И. Мацашек. – Киев: Выща шк.; Прага: СНТЛ, изд-во техн. лит., 1990. – 415 с.

[5] Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / С. С. Жуковский, Г. А. Анисович, Н. И. Давыдов, Н. Н. Кузьмин, Э. Л. Атрощенко, И. П. Ренжин, Б. Л. Суворов, С. Д. Тепляков, А. А. Шпектор; Под общ. ред. С. С. Жуковского. – М.: Машиностроение, 1993. – 432 с.

[6] [http://neruds.ru/pesok/pesok\\_staty8.html](http://neruds.ru/pesok/pesok_staty8.html)

[7] <http://www.ngpedia.ru/id292468p1.html>

Абдрахманова Н.Т

#### **Оливин құмын төсеу қоспасы үшін қолдану**

**Түйіндеме.** Оливин құмдарын қаптау қоспасы ретінде қолдану зерттелді. Оливин құмының кварц құмымен салыстырғанда артықшылығы қарастырылады. Оливин құмын құю әдісі ретінде қолданудың ерекшеліктерін зерттеу, силикоздың пайда болу қаупін жоюға қосымша, басқа да қосымша заттарға қарағанда, оның технологиялық артықшылықтарын анықтады. Пішіндеу қоспаларының және қалыптардың осы қасиеттері, ең алдымен, сәйкес келетін қалыптаушы толтырғыштарды (құм), байланыстырушы материалдарды және әртүрлі қоспаларды таңдау арқылы қамтамасыз етіледі.

**Түйінді сөздер:** қаптау, толтырғыштар, оливин құмы.

Abdrakhmanova N.T

#### **The use of olivine sand mixture for the lining**

**Summary.** The article is devoted to the study of the influence of the use of olivine sands as a facing mixture. The article discusses the advantages of olivine sand in comparison with quartz sand. The study of the peculiarities of using olivine sand as a molding, in addition to eliminating the risk of silicosis, revealed a number of its technological advantages over other excipients. The given properties of molding mixtures and molds are provided, first of all, by selection of appropriate molding filler materials (sands), binding materials and various additives.

**Keywords:** facing mixture, fillers, olivine sand.

УДК 004

**А.Н. Абеустанова**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Қазақстан Республикасы)

### **АҒЫЛШЫН ТІЛІНЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНЕ АУДАРЫЛҒАН ҚАЗАҚША ҚАТЕ СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ БАЛАМАЛАР КАТАЛОГЫН ҚҰРУ**

**Аннотация.** Қазіргі заманның заманауи талабында ағылшын тілімен қатар қазақ тіліне аудармашы көмегімен аударма жасау көбейіп келеді. Осыған орай түрлі аудармашылар өз аударма жұмыстарын қарқынды дамытып жатыр. Тек олардың сапасын жақсарту әлі жұмысты талап етеді. Сондықтан бұл жұмыстың қарастыратын мәселесі - машиналық аударма аударған сөйлемдердің сапасын жақсарту. Сол үшін бұл жұмыстың мақсаты - аударылған сөйлемдердегі қате сөздерді анықтап және оларды автоматты түрде жөндеу.

**Кілттік сөз:** қате сөз, машиналық аударма, автоматтандырылған каталог, автоматты түзету

Қазіргі таңда машиналық аударманың аудару сапасын жақсарту маңызды мәселелердің бірі болып тұр. Біраздан бері нейрондық жүйедегі Google<sup>1</sup>, статистикалық жүйедегі Yandex<sup>2</sup>, грамматикалық ережелер негізіндегі жүйе Apertium<sup>3</sup> секілді машиналық аудармалар қарқынды жұмыс істеп жатыр. Бірақ әр қайсысының өз ерекшеліктері мен кемшіліктері бар. Негізі грамматикалық ережелер негізіндегі жүйелер - бастапқы және аударылатын тілдер туралы лингвистикалық ақпаратқа негізделген машиналық аударма жүйесі. Олар әр тілдің негізгі семантикалық, морфологиялық, синтаксистік заңдылықтарын қамтитын екі тілді сөздіктер мен грамматикалардан тұрады. Осы берілгендердің негізінде бастапқы мәтін біртіндеп, әр сөйлемі ретімен аударылады. Мұндай жүйелердің жұмыс принципі енгізілетін және шығарылатын сөйлемдерінің құрылымының байланысы болып табылады. Статистикалық машиналық аударма – мұнда аударма статистикалық модельдер негізінде генерацияланады,

1 <https://translate.google.kz/>

2 <https://translate.yandex.ru/>

3 <https://www.apertium.org>

олардың параметрлері екі тілді мәтін корпусын талдаудан туындайды. Машиналық аударма жүйелерін әзірлеушілер аударма сапасын арттыру үшін кейбір ережелерді енгізеді, осылайша статистикалық жүйелерді гибриды машиналық аудармаға айналдырады. Кейбір ережелерді қосу, яғни гибриды жүйеледі құру аударма сапасын біршама жақсартады. Сол себепті де машиналық аударманың сапасын жақсарту мен заманға сай даму мақсатында нейрондық оқыту жүйесі қолданыла бастады, солардың бірі болып Google аудармасы болып табылады.[1] Ағылшыннан қазақшаға аударылған мәтіндердің сапасын келесіде көрсетілген машиналық аудармалардың аудармаларын салыстыру арқылы байқауға болады:

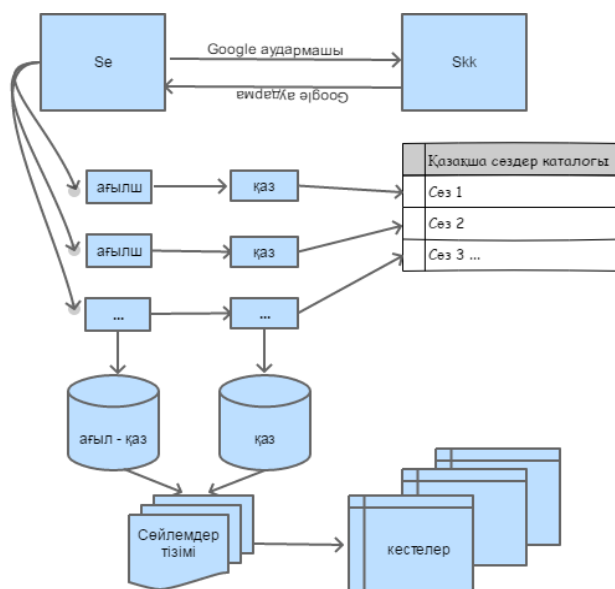
1-кесте.

Apertium	Google	Yandex
We start to study a new interesting subject	We start to study a new interesting subject	We start to study a new interesting subject
Біз оқуды бастаймыз жаңа қызықтыратын сала	Біз жаңа қызықты тақырыпты зерттей бастаймыз	Біз бастаймыз зерттеп, жаңа қызықты тақырыбы

Бірақ әр қайсысының аудармаларының сапасы әлі де жұмыс атқаруды қажет етеді. Байқалғандай аудармалардың құрылымдық қатесін ескермеген жағдайда да көптеген мағыналық қателер байқалады. Сол себепті аударылған кез-келген сөйлемдердің сапасын жақсарту мақсатында қате сөзді анықтап оны түзету қажеттігі туындайды.

**Қате сөзді анықтау**

Қазіргі таңда ағылшыннан қазақша аударылған мәтіннің сапасын жақсарту өзекті мәселе болып отыр. Сондықтан қарастырылып отырған жұмыста кез-келген аудармашы машина көмегімен ағылшыннан қазақша аударылған мәтінмен жұмыс істейміз. Негізгі мақсатымыз біріншіден, кез-келген аударылған қазақша мәтіндегі қате сөзді табу және екіншіден сол табылған қате сөздердің каталогын құру, үшіншіден сол табылған қате сөзді түзеп сөздің дұрыс нұсқасын қою. Негізі бастапқыда жұмыс екі бөлімнен тұрады. Біріншісі - тәжірибелеу (training) ал екіншісі - тестілеу(test). Тәжірибелеу бөлімінің жалпы сұлбасын келесідей көруге болады(1-сурет):



1-сурет

Мұнда: Se----> Skk –ағылшыннан қазақшаға аудару үрдісі.  
 Se ---ағылшын тіліндегі сөйлем (Sentence English)  
 Skk ---қазақ тіліндегі сөйлем(Sentencekazakh)

Бірінші бөлімнің мақсаты - мәтіндерге талдау жасап алу, яғни аударылған сөйлемдегі қате сөзді анықтап, сол сөздердің дұрыс нұсқасын анықтау үшін энтропияның максимум әдісі негізінде жасалған куб әдісін қолдану. Ең басында 1-суретте көрсетілгендей қате сөзді табу үшін ағылшыннан қазақшаға аударылған мәтінді кері аударып қазақша мәтіндегі қате сөзді анықтаймыз. Бірінші мәселені қарастыратын болсақ, ең басында берілген кез-келген ағылшын мәтінін Google аудармашы машинасы арқылы аударып алынған қазақша мәтінді тағы да Google аудармашысы көмегімен ағылшын тіліне аударамыз.

Сонда бастапқы берілген ағылшынша мәтін мен соңында алынған ағылшын мәтінін салыстыру арқылы қазақ тіліндегі қате сөзді анықтаймыз. Практика жүзінде жоғарыда көрсетілгендей мәтіндермен жұмыс істеу үшін Google аудармашысы мен сөйлемдердің морфологиялық анализі үшін Apertium аудармашы жүйесі қолданылды. Apertium жүйесінің негізгі мақсаты сөйлемдердегі сөздердің түбірін табу. Негізі істелінетін талдау нәтижелерін кез-келген аудармашы жүйесінде орындауға болады. Түсінікті болу үшін аударылған мәтіндегі қате сөзді анықталғанын келесі кестеден енгізілген ағылшын сөйлемінің аудармасынан қате сөздердің анықталуын көруге болады:

```
apertium@apvb:~/apertium-eng-kaz$ python train1.py interesting job
Correct: interest interest
Different1: job
Different2: work
['job', 'work']
['work']
['task', 'appointment', 'office', 'business', 'career', 'job']
kazakh_synonyms: тапсырма
kazakh_synonyms: тағайында
kazakh_synonyms: кеңсе
kazakh_synonyms: бизнес
kazakh_synonyms: жұмыс
Table exist!!!
['task', 'industry', 'trial', 'job', 'production', 'work']
kazakh_synonyms: тапсырма
kazakh_synonyms: өнеркәсіп
kazakh_synonyms: сот
kazakh_synonyms: жұмыс
kazakh_synonyms: өндіріс
Table exist!!!
```

**2-кесте**

### **Қате сөзді жөндеу куб әдісі**

Жұмыстың негізгі мақсаты аударылған сөйлемдердегі қате сөздерді тауып қана қоймай табылған қате сөздерді жөндеу үшін максимум энтропия әдісі негізінде жасалған куб әдісі қолданылады. Ол үшін максимум энтропиялық әдісін

$$p(c | d, \lambda) = \frac{\exp \sum_i^{n \times k} \lambda_i f_i(c, d)}{\sum_{\tilde{c} \in C} \exp \sum_i^{n \times k} \lambda_i f_i(\tilde{c}, d)}$$

қолданып, куб кестелер құру арқылы дайын мағлұмат алып сөзді дұрыс формаға келтіріп қоямыз.

- $f_i$  -  $i$ -нші жіктеу индикаторы (0 немесе 1);
- $\lambda_i$  -  $i$ -ші жіктеу индикаторының салмағы  $f_i$ ;
- $c$  - класс гипотезасы;
- $C$  - барлық ықтимал кластар жиынтығы;
- $d$  - жіктелген құжат.



## • Технические науки

Әдісті жалпылама сипаттасақ, әрбір индикатордың салмағы  $f_i \lambda_i$ , ол тиісті жіктеу критерийі және класс арасындағы қатынастарды сипаттайды. Салмағы неғұрлым көп болса соғұрлым байланыс күшейеді. Осылайша, санауыш клас гипотезасы үшін экспоненциалды салмақ сипатталады, ал зат өлшем бірліктің мәнін қалыпқа келтіреді.[2] Көрсетілген формула бойынша табылған қате сөздерді жөндеу келесідей орындалады.

```
apertium@apvb:~/apertium-eng-kaz$ python te.py
I have a nice job
Correct: a a
Correct: I I
Correct: job job
Correct: have have
Different1: nice
Different2: good
You opened file table7
сыпайы - 24
мейір - 12
жақсы - 254
әділет - 2
Max String is: and its number: 254
менің
жақсы
жұмысым
бар
```

### 3-кесте

Ал егер талдау бұрын жасалмаса онда автоматты түрде бірінші бөліммен байланыстырылып автоматты түрде жалғастырылып талдау жасалынады да қате сөздерге сәйкес кестелер құрылады.

#### Қате сөздер баламалар каталогын құру

Екінші мәселе бойынша біз аударылған мәтіндерден табылған қате сөздерден автоматталған баламалар каталогын құрамыз. Баламалар каталогы қате сөздер баламаларынан тұрады. Қате сөздер анықталған сайын каталог автоматты түрде толықтырылып тұрады. Бұл каталогтың негізгі атқаратын мақсаты - қайта енгізілген қате сөзді анықтауды жеңілдету, яғни жаңадан енгізілген сөйлемнің ішіндегі қайталанған қате сөздерді анықтауды жеңілдетеді:

```
ғажайып керемет көрнекті тамаша
стерлинг өт үлгілі
әсер сезімтал шарт есеп ұйқы тақырып
балабақша асқын кіргіз кірпіш
тапсырма тағайында кеңсе бизнес мансап жұмыс
өнеркәсіп сот өндіріс
сыпайы мейір жақсы әділет
аз карлик ілгекте кішкентай кішігірім нәресте
бетпе-бет арқылы де
қажеттілік тілек тала жалған кел
```

### 4-кесте

Бұл каталог тізімі құрылған және құрылатын кестелермен тығыз байланысты. Себебі аударылған кез-келген сөйлемнен қате сөзді табуды жеңілдету мақсатында осы каталогты қарастырамыз және осы каталогта қате сөздердің әр жолдағы реті кестедегі нөміріне тең келеді. Яғни бірінші жолдағы қате сөз бірінші кестеде орналасқанын білдіреді және бұл ақпарат келесі тестілеу бөліміне қажет болады.

### **Қорытынды**

Жасалған жұмыстардың нәтижесінде ағылшыннан қазақша аударылған сөйлемдердің қате сөзі анықталып автоматталған баламалар каталогы құрылды. Әр анықталған қате сөздерге баламалар каталогы құрылып жаңарып отырылады. Тек бір ескерілетін жәйт қате сөздердің саны көбейген сайын каталог файлымен кестелер саны да ұлғаяды. Көрсетілген жұмыс тек ағылшыннан қазақша аударылған мәтіндерге ғана емес басқа жұп тілдерге де қолдануға болады.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

[1] <https://infourok.ru/maala-mashinali-audarma-zhyelerini-zhiktelui-2025494.html>

[2] A. Abeustanova, U. Tukeev, Studies in Computational Intelligence 710, Advanced Topics in Intelligent Information and Database Systems, Automatic Post-editing of Kazakh Sentences Machine Translated from English, 283-294pp, Springer 2017

[3] Мерков А. Б. Распознавание образов. Построение и обучение вероятностных моделей. 2014. 238 с.

[4] Коэльо Л.П., Ричарт В. Построение систем машинного обучения на языке Python. 2016. 302 с.

[5] Hastie T., Tibshirani R., Friedman J. The Elements of Statistical Learning. Springer, 2014. — 739 p.

Абеустанова А.Н.

### **Определение неправильных казахских слов и построение смысловых каталогов для переведенных с английского на казахский язык предложений**

**Резюме.** Современные требования современного мира растут вместе с английским, а также и казахского языка с помощью переводчика. В этом смысле разные переводчики быстро развивают собственный бизнес. Единственное, что улучшает их качество, по-прежнему остается задачей, поэтому проблема заключается в улучшении качества перевода предложений. Цель работы - выяснение неправильных слов в предложении и их автоматическое редактирование.

**Ключевые слова:** неправильные слова, машинный перевод, автоматизированный каталог, автоматизированное редактирование

Abeustanova A.N.

### **Definition of the wrong Kazakh words and creation of semantic catalogs for translated from English into Kazakh sentences**

**Summary.** The modern requirements of the modern world grow with the English, and also with the help of an interpreter. In this sense, various translators quickly develop their own business. The only thing that improves their quality is still a task, so the problem is to improve the quality of translation of proposals. Therefore, the purpose of this work is to find out the wrong words in the sentence and their automated post-editing.

**Key words:** wrong words, machine translation, automated catalog, automated post-editing

УДК 539.2/6

**А.Д. Мурадов, Ш.Е. Естанова, Ф.П. Камалова, А.Б. Сарсенбаев**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан, [yestanova1@gmail.com](mailto:yestanova1@gmail.com))

### **ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ И ДОЗЫ ГАММА ОБЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ «ПОЛИИМИД–УВа<sub>2</sub>Сu<sub>3</sub>О<sub>6+x</sub>»**

**Аннотация.** Исследовано влияние  $\gamma$ -облучения на полиимидную пленку с различными концентрациями наполнителя в виде мелкокристаллического соединения  $УВа_2Сu_3О_{6+x}$  ( $x = 0,7$ ):  $C = 0,05$  % масс.;  $0,1$  % масс.;  $0,5$  % масс.. Установлено, что облучение гамма-излучением малыми дозами ( $D < 600$  кГр) композитного материала с УВСО наполнителем способствует к поглощению из полимерной матрицы и распределению кислорода в  $Сu-O$  плоскостях. Деформация композитного материала (ПИ– $УВа_2Сu_3О_{6+x}$ ) складывается из деформации отдельных мелких кристаллов  $УВа_2Сu_3О_{6+x}$  (УВСО) и деформации полимерной матрицы.

**Ключевые слова:** полиимид, композитный материал, наполнитель,  $УВа_2Сu_3О_{6+x}$ , концентрация, гамма облучение, доза.

По сравнению с традиционными сверхпроводниками, высокотемпературные сверхпроводящие проводники (ВТСП) более чувствительны к радиационным воздействиям. Известно, что в потоке  $\gamma$ -квантов в ВТСП материалах осуществляются радиационно-введенные атомные перестройки вследствие ионизационных процессов. Это существенно меняет фазовую и структурную стабильность твердых растворов и оказывает влияние на неравновесные процессы в них [1].

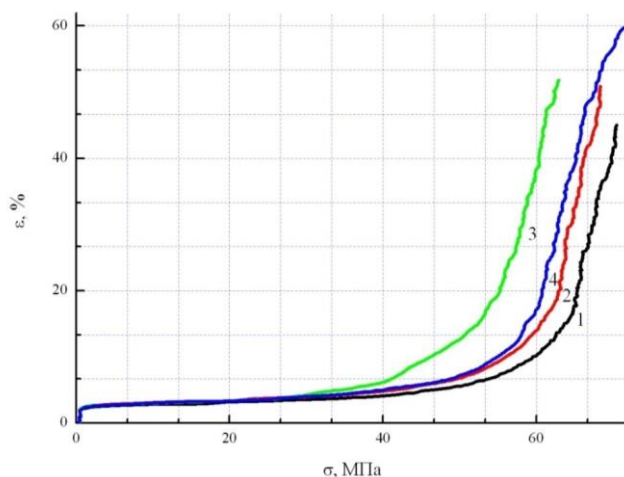
Радиационные эффекты в композитных материалах вызывают интерес по ряду причин. Во-первых, их облучение приводит к структурным превращениям, которые определяются конкурирующими процессами структурирования и деструкции. Во-вторых, данные процессы являются, как обратимыми, так и необратимыми. Обратимые процессы связаны с присутствием в них нестабилизированных продуктов, тогда как необратимые – являются следствием химических превращений, происходящих в результате реакции между этими продуктами и структурными составляющими материала и окружающей среды. Поэтому изучение различных свойств, в том числе механических свойств материалов в зависимости от состава наполнителя и воздействия на них облучения представляют определенный как практический, так и теоретический интерес.

Исследуемые образцы полимерного композитного материала (ПКМ) представляли собой полимерную пленку с различными концентрациями (С) наполнителя в виде мелкокристаллического соединения  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  ( $x = 0,7$ ): С = 0,05% масс.; 0,1 % масс.; 0,5 % масс.. Матрицей ПКМ являлся полиимид (ПИ), отличающийся исключительной химической стойкостью к воздействию внешних агрессивных сред и обладающий достаточно высокими показателями физико-механических свойств [2]. Полиимидная пленка без наполнителя служила контрольным вариантом.

Все образцы разрезались на четыре одинаковые части с размерами 15x150 мм, одна из которых служила контрольным экземпляром. Облучение образцов проводилось на воздухе при комнатных условиях на облучательной гамма установке РХМ –  $\gamma$  – 20. Мощность экспозиционной дозы источника  $^{60}Co$  составляла  $1,6 \cdot 10^{-1}$  рад/с. Исследуемые образцы подвергались  $\gamma$ -облучению дозами (D): 150 кГр; 250 кГр; 600 кГр. Дозиметрия облучения рассчитывалась по стандартной методике [3].

Результаты исследований приведены на рисунках 1–5. Как видно из рисунка 1, для необлученного образца ПИ пленки полный разрыв происходит при значении напряжения  $\sigma = 70$  МПа и относительного удлинения  $\epsilon = 45\%$ . На первых стадиях воздействия нагрузки ( $\sigma = 0-1$  МПа) наблюдается резкое увеличения  $\epsilon$  на 3%. На этом участке в образце развивается вынужденная эластичность, связанная с разрывом боковых связей  $-C=O$ . Начиная с области напряжения 1 МПа и до значения 40 МПа пластические свойства ПИ пленки постоянны.

Из представленной зависимости (рисунок 1) видно, что механические свойства ПИ пленки существенно зависят от дозы облучения. На рисунках 2 и 3 приведены зависимости разрывного напряжения  $\sigma$  и относительного удлинения  $\epsilon$  от дозы облучения D. Как видно, максимальные напряжения  $\sigma$  (предел прочности), которые выдерживали образцы ПИ пленки облученных разными дозами, достигали следующих значений: при дозе 150 кГр – 68 МПа; при дозе 250 кГр – 62 МПа; при дозе 600 кГр – 71 МПа (рисунок 2). В момент разрыва образцы достигали максимального растяжения (пластичности) со следующими значениями относительного удлинения  $\epsilon$ : при дозе 150 кГр – 50 %; при дозе 250 кГр – 52 %; при дозе 600 кГр – 59 % (рисунок 3). Наиболее максимальное разрушения проявляется при значении доз 250 кГр.



1 – D = 0 кГр; 2 – D = 150 кГр; 3 – D = 250 кГр; 4 – D = 600 кГр

**Рис. 1.** Зависимость относительного удлинения  $\epsilon$  от приложенной нагрузки  $\sigma$  полиимидной пленки после облучения различными дозами  $\gamma$ -квантами

В работах [4,5] указано, что при облучении малыми дозами в структуре полимеров с имидными циклами в основном разрушаются боковые связи  $-C=O$ . Разрушения такого типа приводит к образованию свободных макрорадикалов, отдельных карбонильных групп, а также к увеличению доли атомарного кислорода в структуре полимера. Это подтверждается результатами работы [6], где было показано, что уменьшение предела прочности ПИ после облучения связано с увеличением содержания кислорода, уменьшением углерода и водородных связей в их структуре. Но при этом надо учесть тот факт, что при малых дозах облучения в полиимидных соединениях процесс сшивания происходит более интенсивнее, и это в свою очередь приводит к увеличению эластичности материала.

Механические свойства образцов ПКМ с содержанием наполнителей  $C = 0,1$  % масс. и  $0,5$  % масс. приведены на рисунках 4 и 5. Полный разрыв пленок для данного состава облученных разными дозами достигали при следующих значений  $\sigma$ :  $150$  кГр –  $101$  МПа;  $250$  кГр –  $96$  МПа;  $600$  кГр –  $95$  МПа (Рисунок 4). В момент разрыва образцов значениями относительного удлинения  $\varepsilon$  достигли следующих величин:  $150$  кГр –  $9,9$  %;  $250$  кГр –  $9,8$  %;  $600$  кГр –  $8$  % (рисунок 5).

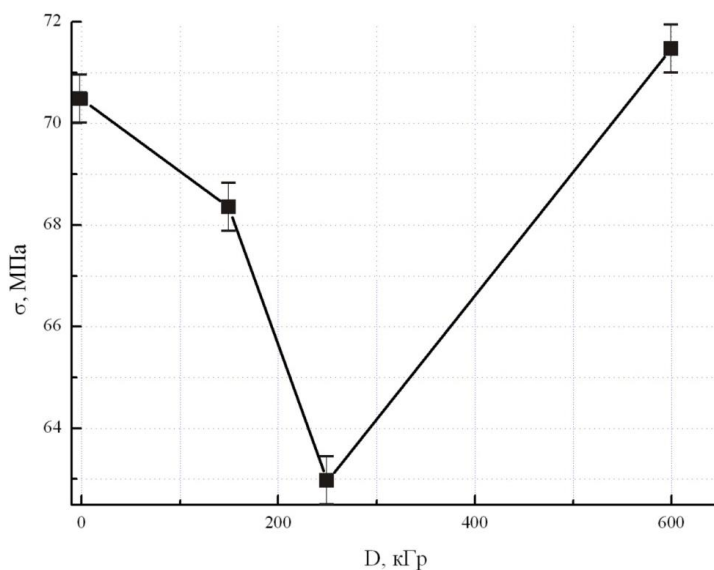


Рис.2. Зависимость механической нагрузки  $\sigma$  ПИ пленки от дозы облучения  $D$

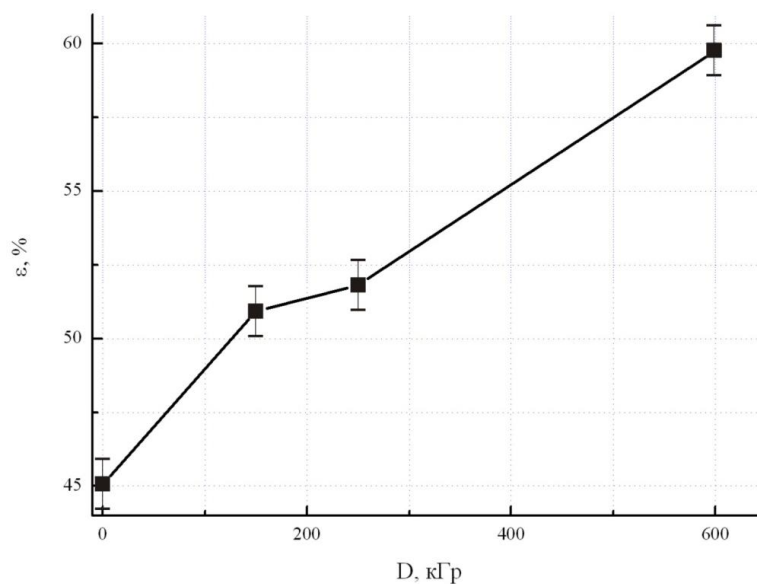


Рис.3. Зависимость относительного удлинения  $\varepsilon$  ПИ пленки от дозы облучения  $D$

Такое поведение механических свойств в образцах ПКМ связаны с сетчатой структурой матрицы полиимида и ее способностью к существенной авторегенерации поврежденных  $\gamma$ -квантами участков цепи для разных доз, а также с увеличением содержания кислорода в их структуре.

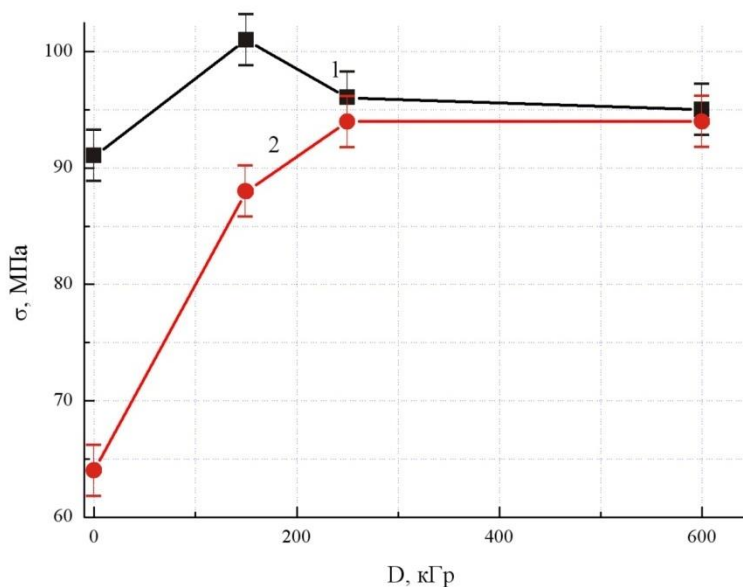
Наблюдаемое увеличение значений  $\sigma$  в результате облучения  $\gamma$ -квантами в образцах ПКМ свидетельствует о процессах связанной радиационно-стимулированной диффузией атомов кислорода из занимаемых позиции в подрешетке Си–О и ПИ пленки в узлы кислорода O(4), определяющую орторомбическую фазу YBCO.

В работах [7, 8] показано, что процесс взаимодействия керамики YBCO с высокоэнергетическими электронами имеет сложную природу. Оказывается, на разных стадиях облучения проявляются одновременные протекания противоположных процессов, как поглощение, так и выделение атомов кислорода YBCO керамикой. Помимо этого, механизм поглощения и выделения кислорода поликристаллическим образцом YBCO имеет асимметрию. Так поглощение кислорода осуществляется всем объемом материала, сопровождаемым процессами поверхностной диффузии, диссоциации молекул на специфических поверхностных центрах и диффузией атома внутрь решетки. В то же время процессы выделения кислорода у образца лимитируются наличием поверхностного потенциального барьера на поверхностях гранул.

Процессы взаимодействия быстрых электронов с иттриевой керамикой обусловлены наличием этих диффузии кислорода.

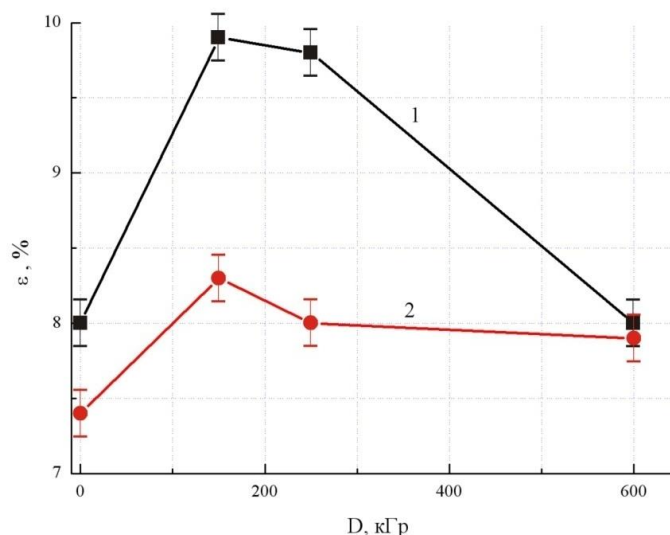
Облучение малыми дозами ( $D < 150$  кГр) приводит к превалированию усиления «слабых» связей на межгранульных прослойках зерен YBCO, что обусловлено снижением поверхностного потенциального барьера для миграции кислорода в вакантные узлы и упорядочением кислородной подрешетки в приграничных областях.

Поэтому облучение гамма-излучением малыми дозами ( $D < 600$  кГр) композитного материала с YBCO наполнителем способствует к поглощению из полимерной матрицы и распределению кислорода в Си–О плоскостях. Этим и обусловлено возникновение связи между макромолекулами полимерной матрицей и кристаллами YBCO наполнителя, обеспечивающей сохранению прочностных и пластических свойств композита после облучения.



1 – 0,1 масс.%; 2 – 0,5 масс.%

**Рис.4.** Зависимость механической нагрузки  $\sigma$  от дозы облучения для образцов ПКМ



1 – 0,1 масс.%; 2 – 0,5 масс.%

**Рис.5.** Зависимость относительного удлинения  $\epsilon$  от дозы облучения для образцов ПКМ

Деформация композитного материала (ПИ–YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub>) складывается из деформации отдельных мелких кристаллов YBCO и деформации полимерной матрицы. Плоскости скольжения зерен YBCO, в процессе изготовления пленок, были произвольно ориентированы в пространстве. Поэтому, под влиянием внешней нагрузки передаваемой матрицей через приграничные объемы, напряжения в плоскостях скольжения отдельных зерен YBCO будут различны. В результате деформации в отдельных зернах в плоскостях скольжения возникают максимальные касательные напряжения. Зерна будут постепенно разворачиваться и вовлекаться в процесс деформации. При этом одновременно происходят изменения форм зерен. Кристаллы YBCO приобретают вытянутую форму в направлении наиболее интенсивного течения полимерной матрицы, т.е. поворачиваются осями наибольшей прочности вдоль направления деформации. Тем самым происходит перераспределение внешней нагрузки между полимерной матрицей и мелкими кристаллами YBCO.

В целом композит (ПИ–YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>6+x</sub>) приобретает волокнистое строение в результате деформации. Макромолекулы полиимида в виде волокон растягиваются в направлении течения полимерной матрицы с вытянутыми вдоль них включениями мелкокристаллических зерен YBCO, и тем самым такое их поведение является причиной сохранения прочностных и пластических свойств материала после гамма облучения при деформации.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Круликовская М.П., Кузуб А.А., Чирко Л.И. Критерии влияния гамма-облучения на равновесные температуры разупорядочения в металлах и сплавах // Физика Металлов и Металловедение. – 1989. – Т.67 – №2. – С.353–360.
- [2] Бюллер К.У. Тепло- и термостойкие полимеры. –М.: «Химия», – 1984. – 1056с.
- [3] Сериков Л.В., Юрмазова Т.А., Шиан Л.Н. и др. Способ дозиметрии ионизирующего излучения – А.С. СССР № 1544030. опубл. от 14.12.87.
- [4] Мурадов А.Д. Воздействие механической нагрузки и температуры на физико-механические свойства полиимидных пленок, облученных электронами // Известия НАН РК, Сер. физ. мат., 2008. – №6. – С.16–22.
- [5] Rothman S.J., Routbort J., Backer J.E. Tracer diffusion of oxygen in YBa<sub>2</sub>Cu<sub>3</sub>O<sub>7-x</sub> // Phys.Rev.B. – 1989. – V. 40.– P. 8852–8860.
- [6] Helmbold A., Meissner D. Optical absorption of amorphous hydrogenated carbon thin films // Thin solid films. – 1996. – V.283. – P. 196–203.
- [7] Ferrari A.C., Kleinsorge B., Adamopoulos et al. Determination of bonding in amorphous carbons by electron energy loss spectroscopy, Raman scattering and X-Ray reflectivity // Journal of non – crystalline solids. – 2000. – V. 266 – 269. – P. 765 – 768.
- [8] Tomozeiu N., Hart A., Kleinsorge B., Milne W.I. Optical and electrical properties of a-C:H deposited by magnetic confinement of r.f. PECVD plasma // Diamond and related materials. – 1999. – V.8. – P.522 – 526.

Мұрадов А.Д., Естанова Ш.Е., Камалова Ф.П., Сарсенбаев А.Б.

**«Полиимид– $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » жүйесінің механикалық қасиеттерінің толтырғыштың концентрациясы мен гамма сәулелендіруге тәуелділігі**

**Түйіндеме.**  $\gamma$ -сәулелендірудің ұсақкристалды байланыстар түріндегі әртүрлі концентрациялы  $C = 0,05\%$  масс.;  $0,1\%$  масс.;  $0,5\%$  масс.,  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  ( $x = 0,7$ ) толтырғыштары бар, полиимидті қабықшаға әсері зерттелді. YBCO толтырғыштан тұратын полиимидті композитті материалды аз дозада ( $D < 600$  кГр) гамма-сәулелермен сәулелендірген кезде полимерлік матрицада жұтылуы және де оттегі  $Cu-O$  жазықтығында бірқалыпты таралуы байқалады. «Полиимид –  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » композиттік материалының деформациясы YBCO жеке майда кристалдарының деформацияларынан және полимерлік матрицаның деформациясынан құралады.

**Түйін сөздер:** полиимид, композиттік материал, толтырғыш,  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ , концентрация, гамма сәулелендіру, доза.

Muradov A., Yestanova Sh., Kamalova F., Sarsenbayev A.

**Investigation of filler concentration and dose of gamma irradiation on the mechanical properties of the «Polyimide– $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ » system**

**Summary.** The effect of  $\gamma$ -irradiation on a polyimide film with different filler concentrations in the form of a finely crystalline compound  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$  ( $x = 0.7$ ):  $C = 0.05\%$  by mass;  $0.1\%$  by mass;  $0.5\%$  by mass. It was established that irradiation with gamma radiation in small doses ( $D < 600$  kGy) of a composite material with YBCO filler promotes absorption from the polymer matrix and oxygen distribution in  $Cu-O$  planes. The deformation of the composite material (Polyimide- $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ ) consists of deformation of individual YBCO small crystals and deformation of the polymer matrix.

**Key words:** polyimide composite material, filler,  $YBa_2Cu_3O_{6+x}$ , concentration, gamma irradiation, dose.

УКД 612.015.31+611.781.1

**<sup>1</sup>К.О. Шарипов, <sup>1</sup>К.А. Булыгин, <sup>2</sup>А.А. Батырбаева, <sup>2</sup>П.А. Мекесова**

(<sup>1</sup>С. Асфендияров атындағы Қазақ Ұлттық Медицина Университеті,

<sup>2</sup>Аль-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті,

Алматы, Республика Қазақстан)

## **ШАШТЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫ НЕГІЗІНДЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗДАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада шаштың элементтік құрамын талдау барысында қоршаған ортаның экологиялық қауіпсіздігін бағалау мүмкіндігі қарастырылды. Тіршілік үшін маңызды химиялық элементтердің артық мөлшері, жетіспеушілігі немесе дисбалансына байланысты ауруларды анықтаудағы алғашқы нәтижелер көрсетілген. Осы орайда химиялық элементтердің тұрақты деңгейі жасуша және ұлпа гомеостазының маңызды факторы екені көрсетілген. Жеке элементограмма экологиялық қауіпсіздікті бағалау үшін және анықталған микроэлементоздарды донозологиялық диагностика мен персоналды емдеу үшін бұлжытпас тест болып табылатыны дәлелденген.

**Негізгі сөздер:** экологиялық қауіпсіздікті бағалау, омикс-технологиялар, металлом, жеке элементограмма, микроэлементоздар, персональды медицина.

### **Кіріспе**

Экологиялық қауіпсіздік (ЭҚ) – бұл табиғи, әлеуметтік және қауіпсіз өмірді қамтамасыз ететін, белгілі аймақта тұратын елдің әрекеті мен басқа да жағдайлардың қосындысы. Аймақтың экологиялық жағдайының көрсеткіштері мен бағалау критерийін таңдау – аймақта экологиялық және әлеуметтік процесстермен басқаруға бағытталған ең маңызды мәселелердің бірі болып табылады. Өңірдің, қаланың немесе аймақтың экологиялық жағдайының бірнеше бағалау параметрлері, әдіс-тәсілдері бар [1]. Бұл жұмыста біз тәжірибелік мәліметтерді аймақтың экологиялық жағдайын және адамдардың ағзасында патологияның даму қатерін бағалау үшін шаштың химиялық құрамына жасалынған анализдің негізінде келтірдік. Қазір қоршаған ортаның ластануынан экологияға шартталған аурулар қатарының көбеюіне және, тұтастай алғанда, адам тағдырының орташа өмір сүру ұзақтығының қысқаруына алып келеді.



Заманауи ғылым үздіксіз байланысты және заманауи аналитикалық әдістердің, аппараттар мен технологиялық деректерді жиі қолданады. Мысалы, биомедицинада инновациялық технологияны қолдану, омикс-технологияны, әр науқасқа жеке тіл табу жаңа концепциясының қалыптасуына мүмкіндік жасайды, яғни дербестендірілген медицина [2-3]. Аналитикалық әдістер мен ғылымға ауқымды технологиялардың дамуымен заманауи зерттеулерді молекулалық, атомдық деңгейде жүргізеді, яғни геномды, метаболомды, метабономды, металлкомды және басқаларын зерттеу мен анықтау жүргізіледі.

**Метаболом** – бұл ағзадағы, мүшедегі, терідегі және жасушадағы зат алмасудың соңғы өнімі болып табылатын барлық метаболиттердің жиынтығы [4], олар биологиялық үлгімен қатар жеке ағзада да болуы мүмкін [5-6]. Қазіргі уақытта адамның денесінен табылу мүмкін 2500-ден аса метаболиттер, 1200 дәрі-дәрмектер мен тамақтың 3500 компоненттері тіркелген [7]. Басқа ағзалардың метаболомдары туралы көбірек мағлұматтар бар. Мысалы, өсімдіктердің 50000-нан аса метаболиттері сипатталған, оның көбісі жалғыз түрлі өсімдіктерге тән болған [8-9].

Метабономика дегеніміз «тірі жүйенің патолофизикалық әсерге немесе гендік модификацияға динамикалық көппараметрлік метаболиттік жауабының сандық өлшемі». Термин грекше мета «өзгеріс» және номос «ережелер мен заңдылық жиынтығы» деген мағынаны береді [10]. Тарихи метабономиялық тәсіл метаболизмді зерттеуде жүйелік биологияны қабылдауда алғашқы әрекеттердің бірі болды [11-13].

Металломика – бұл металл компоненттерінің сандық өлшемі – эндогенді лигандаламен металлдардың ионды және атомды формалары арақатынасының өнімінің (нуклеотидтермен, нуклеозимтермен, белоктармен, аминқышқылдармен, көмірсулармен және басқаларымен). Соңғы уақытта металломика түсінігі тек ағзадағы металлдарды ғана емес, сонымен қатар өмір сүруге қажетті маңызды химиялық элементтерді де зерттеуде қолданылады [14-16].

Қазіргі кезде жасушаның өсу, жетілу, регенерация, апоптоза және некрозасы процестерінде көптеген микро- және макроэлементтердің (МЭ) рөлі анықталған. Сонымен қатар ағзаның элементтік жағдайының біршама өзгерісімен жүретін аурулардың бірқатарының патогенезінде де қолданылады [16]. Көптеген зерттеулердің нәтижелері патологиялық процестердің кезінде қатаң белгілі бір элементтердің бірбағытты өзгерісі болатынын көрсетті, алайда әр түрлі абсолюттік шамада [15]. Элементтік жағдайдың мұндай өзгерісі Н.И. Калетина мен оның авторластарының біріншілік және стрессорлық элементограммымен белгіленген. Сақтандыратын стрессорлық элементограмманың қасында клиникалық анықталған диагнозы бар науқастарда элементті жағдайдың қосымша өзгерістері пайда болды, олар белгілі бір ауруларға ғана тән және оларды авторлар «спецификалық элементограмма» деп айтты. Алынған нәтижелерге сәйкес спецификалық элементограмма қосымша извазивті емес диагностикалық және болжалды тест болуы мүмкін. Стрессорлық және спецификалық элементограмманың абсолютті көрсеткіштерінің өзгерісі көптеген факторлармен негізделген, соның ішінде генетикалық, экологиялық, тамақтанумен, емделу түрімен және тағы басқаларымен.

Бұл сынамалы зерттеудің негізгі мақсаты шаштың элементтік құрамы негізінде өмір сүріп жатқан аймақтың экологиялық қауіпсіздігін бағалау және микроэлементоздарды анықтау, яғни өмір сүруге маңызды химиялық элементтердің жетіспеуі, артықшылығы немесе дисбалансы кесірінен пайда болған ауруларды анықтау болып табылады.

**Тәжірибе.** Зерттеу аргонды плазмамен индуктивті байланысқан атомды-эмиссионды спектроскопия (ПИБ-АЭС) мен плазмамен индуктивті байланысқан масс-спектрометрия (ПИБ-МС) әдістерімен жүргізілген. Бұл әдістер өте сезімтал және микро- және ультрамикроэлементтердің деңгейін тез әрі нық анықтайды. Металломның компонентін анықтауда бірін-бірі толықтыратын екі әдісті қолданғасын бір биотүтікте нәтиженің сенімділігі жоғарылайды, сандық анықталатын элементтердің жинағы көбейеді де, толық тәжірибеге жұмсалатын жалпы уақыт қысқарады.

Зерттеу объектісі ретінде, өндірісте және зиянды жағдайда жұмыс атқармайтын, 20-45 жас аралығында ер және әйел адамдардың шаштары қызмет етті. Шаш анализі бірқатар артықшықтарға ие: жоғары ақпараттылық, инвазивті емес, үлгілерді оңай тасымалдау және сақтау және т. б. Шаштағы химиялық элементтердің құрамын анықтау, экологиялық-гигиеналық және физиологиялық факторлардың ағзаға кешенді түрде әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Әдістеме жоғары ақпараттылықпен, өнімділікпен, сезімталдықпен сипатталады және бір мезгілде зерттелетін объектегі 25-тен астам химиялық элементтерді анықтауға мүмкіндік береді: Алюминий (Al), Бериллий (Be), Бор (B), Ванадий (V), Темір (Fe), Йод (I), Калий (K), Кадмий (Cd), Кальций (Ca), Кобальт (Co), Кремний (Si), Литий

• **Техническіе науки**

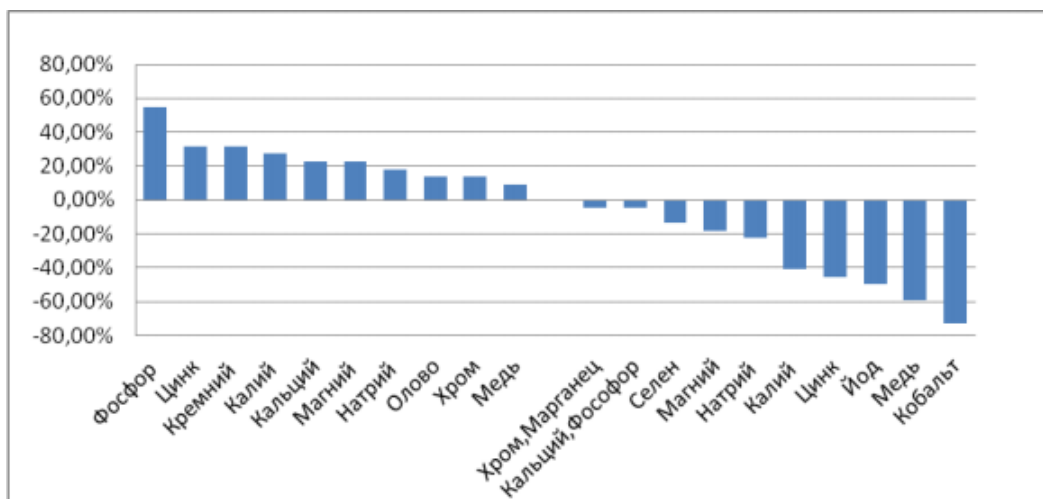
(Li), Магний (Mg), Марганец (Mn), Мыс (Cu), Мышьяк (As), Натрий (Na), Никель (Ni), Қалайы (Sn), Сынап (Hg), Қорғасын (Pb), Селен (Se), Фосфор (P), Хром (Cr), Цинк (Zn).

Шашты кемінде 0,1 г. бастың желке жағынан бар ұзындықта қиылып алынды. Шаштың беткі ластануы мен майынан айырылу үшін, МАГАТЭ ұсынған шаш үлгілерін дайындау тәсілі қолданылды. Ол үшін шаштар 10-15 минут аралығында ацетонмен өңделді, ал кейін 3 рет дистилденген сумен шайылды. Шашты кептіру 10-15 минут аралығында бөлме температурасында жүргізілді.

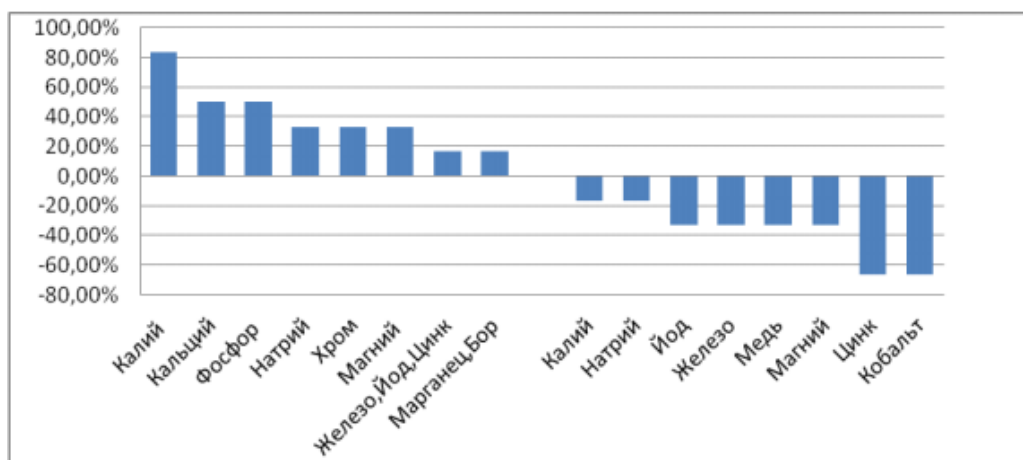
**Нәтижелер және талқылау**

Шаштағы химиялық элементтердің құрамын зерттеу нәтижесі бойынша (элементограмма), ба- сым көпшілігінде референсті көрсеткіштерден ауытқуы интервал шегінде болды. Егер нормадан елеулі ауытқу болса, әр түрлі бағыттағы сипат алады, ол белгілі бір өмірлік маңызы бар химиялық элементтердің тапшылығы немесе артықшылығымен сипатталады. Біз алынған нәтижелерді неғұр- лым анық және барабар талдау үшін, әйелдер мен ерлердің деректеріне саралау жүргіздік (сурет 1 және 2).

Әр адамның шашының элементограммасы оның жеке элементтік күйін - металлом компонент- терінің жағдайын көрсетеді. Шаштың элементтік құрамы табиғи ортаның аймақтық ерекшеліктерін көрсетеді, ол көбінесе ұзақ уақыт техногенді токсиканттардың және алиментарлы факторлардың әсе- ріне негізделген. Зерттелген топтағы адамдардың шаштарында қорғасын, фосфор, мырыш, кремний, хромның жоғары құрамда болуы, олар мекендейтін ортада элементтердің құрамы жоғары болғанын мәлімдейді.



1-сурет. Әйелдер шаштарының элементтік құрамының референсті шамалардан ауытқуы



2-сурет. Ерлер шаштарының элементтік құрамының референсті шамалардан ауытқуы

Біз шаштағы кальций, калий, натрий және магний құрамдарының өзгеруіне ерекше назар аударған жоқпыз, себебі, бұл адамның жасы, өмір сүру күйі, әлеуметтік мәртебесі, тамақтануымен байланысты және кейде уақытша болады. Эссенциальді элементтер (мыс, мырыш, йод) құрамының жетіспеушілік бағытына бір бағытта өзгеруі, әсіресе, кобальттің (65-73%) елеулі деңгейде төмендеуі, зат алмасудың патологиялық бұзылуын, металлом пула мен гомеостаздың жасушаішілік бұзылуын көрсетеді. Химиялық элементтердің тұрақты деңгейінің жүйелі түрде және ұзақ уақыт бұзылуы, әсіресе, өмірлік маңызды ауыстырылмайтын микроэлементтер, кешенді зерттеуді қажет ететін үрейлі сигнал болып табылады. Микроэлементтердің тепе-теңсіздігі, артық не тапшылығына байланысты, жергілікті жердің экологиялық қауіпсіздігін бағалау және жаңа аурулардың кластерін анықтау үшін, микроэлементтер құрамының өзгеруін индикаторлы тест қызмет атқарады.

Мысалы, кремнийдің шашта жоғары мөлшерде болуы су-тұз алмасудың бұзылуын көрсетеді. Ол несеп-тас ауруына, остеохондроз, артроз, бүйрек аурулары, шаш, тырнақ, ауатамыры және өкпе ауруларына бейім.

Кобальт - В12 витаминінің құрамдас бөлігі,оның жетіспеушілігі сүйек кемігінің қан ұлпаларында және жүйке тінінде айтарлықтай сезіледі және де жұлынның дегенеративті өзгерістеріне, Аддисон-Бирмер анемиясына және балалардың кеш дамуына әкелуі мүмкін.

### **Қорытынды**

Осылайша, металломның, яғни, өмірлік қажетті химиялық элементтердің тұрақты деңгейі, жаусалық және тіндік гомеостаздың маңызды факторы болып табылады.

Жеке элементограмма металлолигандты гомеостаздың динамикалық көрсеткіші болып табылады, және аймақтың экологиялық қауіпсіздігінбағалайтын, әрі кейіннен дербестендірілген емдеу мен анықталған микроэлементоздардың профилактикасының донозоологиялық диагностикасын бағалайтын сенімді тест ретінде қызмет атқарады.

### **ӘДЕБИЕТТЕР**

- [1] Мусихина Т.А. “Комплексная оценка и районирования экологической безопасности. “ Дисс. Докт. Наук. Москва, 2011, 240 с.
- [2] Oliver SG, Winson MK, Kell DB, Baganz F (September 1998). «Systematic functional analysis of the yeast genome». *Trends in Biotechnology* 16 (9): 373–8. DOI:10.1016/S0167-7799(98)01214-1. PMID 9744112.
- [3] Шарипов К.О., Булыгин К.А., Киргизбаева А.А. “Индивидуальный элементный статус как часть персонализированной медицины” *Журнал Здоровье семьи – XXI век*. 2015. С. 384-389.
- [4] Daviss (April 2005). «Growing pains for metabolomics». *The Scientist* 19 (8): 25–28.
- [5] Jordan KW, Nordenstam J, Lauwers GY, Rothenberger DA, Alavi K, Garwood M, Cheng LL (March 2009). «Metabolomic characterization of human rectal adenocarcinoma with intact tissue magnetic resonance spectroscopy». *Diseases of the Colon & Rectum* 52 (3): 520–5. DOI:10.1007/DCR.0b013e31819c9a2c. PMID 19333056.
- [6] Griffin JL, Vidal-Puig A (June 2008). «Current challenges in metabolomics for diabetes research: a vital functional genomic tool or just a ploy for gaining funding?». *Physiol. Genomics* 34 (1): 1–5. DOI:10.1152/physiolgenomics.00009.2008. PMID 18413782.
- [7] Wishart DS, Tzur D, Knox C, et al. (January 2007). «HMDB: the Human Metabolome Database». *Nucleic Acids Research* 35 (Database issue): D521–6. DOI:10.1093/nar/gkl923. PMID 17202168.
- [8] De Luca V, St Pierre B (April 2000). «The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis». *Trends Plant Sci.* 5 (4): 168–73. DOI:10.1016/S1360-1385(00)01575-2. PMID 10740298.
- [9] Griffin JL, Shockcor JP (July 2004). «Metabolic profiles of cancer cells». *Nat. Rev. Cancer* 4 (7): 551–61. DOI:10.1038/nrc1390. PMID 15229480.
- [10] Nicholson JK (2006). «Global systems biology, personalized medicine and molecular epidemiology». *Mol. Syst. Biol.* 2: 52. DOI:10.1038/msb4100095. PMID 17016518.
- [11] Nicholson JK, Lindon JC, Holmes E (November 1999). «'Metabonomics': understanding the metabolic responses of living systems to pathophysiological stimuli via multivariate statistical analysis of biological NMR spectroscopic data». *Xenobiotica* 29 (11): 1181–9. DOI:10.1080/004982599238047. PMID 10598751
- [12] Nicholson JK, Connelly J, Lindon JC, Holmes E (February 2002). «Metabonomics: a platform for studying drug toxicity and gene function». *Nat Rev Drug Discov* 1 (2): 153–61. DOI:10.1038/nrd728. PMID 12120097
- [13] Holmes E, Wilson ID, Nicholson JK (September 2008). «Metabolic phenotyping in health and disease». *Cell* 134 (5): 714–7. DOI:10.1016/j.cell.2008.08.026. PMID 18775301.
- [14] *Essentials of medical geology. Impact of the Natural Environment on Public Health*. 2005, Elsevier Ins. All rights reserved. P. 513-526; 633-644

[15] Калетина Н.И., Калетин Г.И., Скальный А.В. Нарушение металло-лигандного гомеостаза (МЛГ) как возможная причина развития неблагоприятных побочных эффектов // Микроэлементы в медицине –2005. – т.5. –вып.4. – С.64–69.

[16] Оберлис Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный; под ред. проф. А.В. Скального. — СПб.: Наука, 2008. — 543 с.

Шарипов К.О., Булыгин К.А., Батырбаева А.А., Мекесова П.А.

**Оценка экологической безопасности регионов и выявление микроэлементозов на основе элементного состава волос**

**Резюме.** В настоящей работе обсуждается возможность оценки экологической безопасности региона или местности на основе анализа элементного состава волос. Приведены некоторые предварительные результаты по выявлению заболеваний, связанных с избытком, недостатком или дисбалансом жизненно важных химических элементов. При этом показано, что стабильный уровень химических элементов является важнейшим фактором клеточного и тканевого гомеостаза. Установлено, что индивидуальная элементограмма может служить надежным тестом как и для оценки экологической безопасности, так и для донозологической диагностики с последующим персонализированным лечением и профилактикой выявленных микроэлементозов.

**Ключевые слова:** оценка экологической безопасности, омикс-технологии, металлом, индивидуальная элементограмма, микроэлементозы, персонализированная медицина.

Sharipov K.O., Bulygin K.A., Bатырбаева A.A., Mekessova P.A.

**Estimation of ecological security and identification microelementoses on the based on elemental composition of hair**

**Summary.** In present work discussed about opportunity of estimation ecological security of region and areas and identification microelementoses on the based on elemental composition of hair. In this paper give some preliminary results of identify diseases which associated with an excess, lack or imbalance essential chemical elements. It is shown that the stable level of the chemical elements is an important factor of cell and tissue homeostasis. It has been established that individual elementogramma can be reliable test for estimation of ecological security and for the preclinical diagnosis with the following personal treatment and prevention identified microelementoses.

**Key words:** estimation of ecological security, omics technology, metallom, individual elementogramma, microelementoses, personalized medicine.

УКД 612.015.31+611.781.1

**<sup>1</sup>К.О. Шарипов, <sup>2</sup>А.А. Батырбаева, <sup>2</sup>Д.Е. Нармағанбетова**

(<sup>1</sup>С. Асфендияров атындағы Қазақ ұлттық медицина университеті,

<sup>2</sup>Аль-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті, Алматы, Республика Қазақстан)

**МУЛЬТИОМДЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АУРУДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ МЕН МОНИТОРИНГТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада мультиомды технологиялар жайында және олардың ауруларды диагностикалау мен мониторингтеуде қолданылу мүмкіндігі қарастырылды. Адам ағзасындағы макро-, микроэлементтердің құрамы анықталды, ауытқулар мен әрбір науқасқа арналған дербес тәсіл дайындалды. Жеке элементограмма анықталған микроэлементоздарды донозологиялық диагностика мен персоналды емдеу үшін бұлжытпас тест болып табылатыны дәлелденген.

**Негізгі сөздер:** мультиомды технология, омикс-технологиялар, металлом, жеке элементограмма, персоналды медицина

**Кіріспе.** ХХІ ғасыр медицинасы омикс-технологиялармен тығыз байланысты және әртүрлі ауруларды емдеу мен диагностикалау үшін оның мәліметтерін қолданады. Мультиомды технологиялардың биомедицинада қолданылуы әрбір науқасқа жеке көзқарастың инновациялық тұжырымдамасының, яғни дербес медицинаның қалыптасуына ықпал етеді [1].

Геномдық медицинада дара ем қабылдау осы немесе басқа ауруға бейім белгілерді сәйкестендірумен түсіндіріледі: яғни алдын алу шаралары, дәрі-дәрмек терапиясы, генотипті анықтау негізінде ем қабылдаудың жеке сызбасы. Персоналды медицинада генотиптеу маңызды негіз болып табылады, бірақ дербес технологияның дамуында басқа да омикс-технологиялар қолданылады, мысалы, метаболомды, метабономды, металломды зерттеу және т.б. [2-3].

Метабономика – бұл тірі жасушалар үдерістеріндегі бірегей химиялық "саусақ іздерін" жүйелі түрде зерделеу, нақтырақ айтқанда, олардың төмен метаболикалық профильдерін зерттеп білу. Метаболом биологиялық үлгі мен жеке ағзадағы зат алмасуда, жасушада, матада, мүшелер немесе организмде түпкі өнім болып табылатын барлық метаболиттердің жиынтығы болып табылады [4]. 2007 жылдың қаңтар айында Альберт және Калгари университетінің ғалымдары адам метаболомының бірінші нұсқасын бітірген. Олар адам ағзасында болуы мүмкін шамамен 2 500 метаболиттерінің, 1 200 дәрі-дәрмектер және 3 500 тамақ құрамдастарын анықтады [7-9].

Метабономика патофизиологиялық әсер немесе гендік модификацияға тірі жүйелердің динамикалық көп параметрлік метаболитикалық жауап беруін сандық өлшеу ретінде анықталады. Термин гректің *мета* "өзгерту" және *номос* "ережелер жиынтығы немесе заңдылықтары" деген сөзінен құралған [10]. Бұл тәсілді алғаш рет Корольдік лондон колледжінде Джереми Николсонмен ұсынылды және де токсикологияда, ауруларды диагностикалау мен басқа да бірқатар облыстарда қолданылады. Тарихи метабономикалық тәсіл метаболизмді зерттеу үшін жүйелі биологияны қолдану тәсілдерінің бірі болды [11-13].

Металломика – металлом компоненттерінің - металдың ионды және атомды формаларының эндогенді лигандармен (нуклеотид, нуклеозид, белоктар, пептидтер, аминқышқылдар, көмірсутектер және т.б.) өзара байланысының сандық өлшемі. Соңғы уақытта «металломика» түсінігіне тек ағзадағы металлдарды зерттеу ғана емес, сонымен бірге, көптеген маңызды химиялық элементтерді зерттеуді жатқызады [14-16].

**Зерттеудің мақсаты** – металлом компоненттерінің құрамын анықтау, яғни адам ағзасындағы макро-, микроэлементтердің құрамын анықтау, ауытқулар мен әрбір науқасқа арналған дербес тәсіл дайындау.

**Тәжірибе.** Зерттеу жұмыстарыаргонды плазмамен индуктивті жалғанған атомды-эмиссионды спектрометрия және плазмамен индуктивті жалғанған масс-спектрометрия әдістерімен анықталды. Бұл әдістер жоғары сезімталдыққа ие, сондықтан микро- мен ультрамикроэлементтердің құрамын тез және сенімді анықтауға мүмкіндік береді. Металломды анықтаудың екі бір-бірімен тығыз байланысты әдістердің нәтижесінде бірсынамадағы нәтижелер сенімділігі жоғарылайды, анықталатын элементтердің сандық мөлшері артады және анализге жұмсалатын жалпы уақыт азаяды. Зерттеу объектісі ретінде өндірісте жұмыс істемейтін және зиянсыз жұмыс істейтін екі жыныстағы 20–45 жас аралығындағы адамдардың шаштары қолданылды. Шаштың талдамасы көп артықшылықтарға ие: жоғары ақпараттылық, паразиттік микроорганизмдердің көбеймеу, жеңіл тасымалдау мен үлгілерді сақтау және т.б. Шаш құрамындағы химиялық элементтерді анықтау эколого-гигиеналық және физиологиялық факторлардың организмге әсерін анықтауға мүмкіндік береді. Әдістеме жоғары ақпараттылыққа, өнімділікке, сезімталдыққа ие және біруақытта зерттеу объектісінде 25 астам химиялық элементтерді анықтауға мүмкіндік береді (Al), (Be), (B), (V), (Fe), (I), (K), (Cd), (Ca), (Co), (Si), (Li), (Mg), (Mn), (Cu), (As), (Na), (Ni), (Sn), (Hg), (Pb), (Se), (P), (Cr), (Zn).

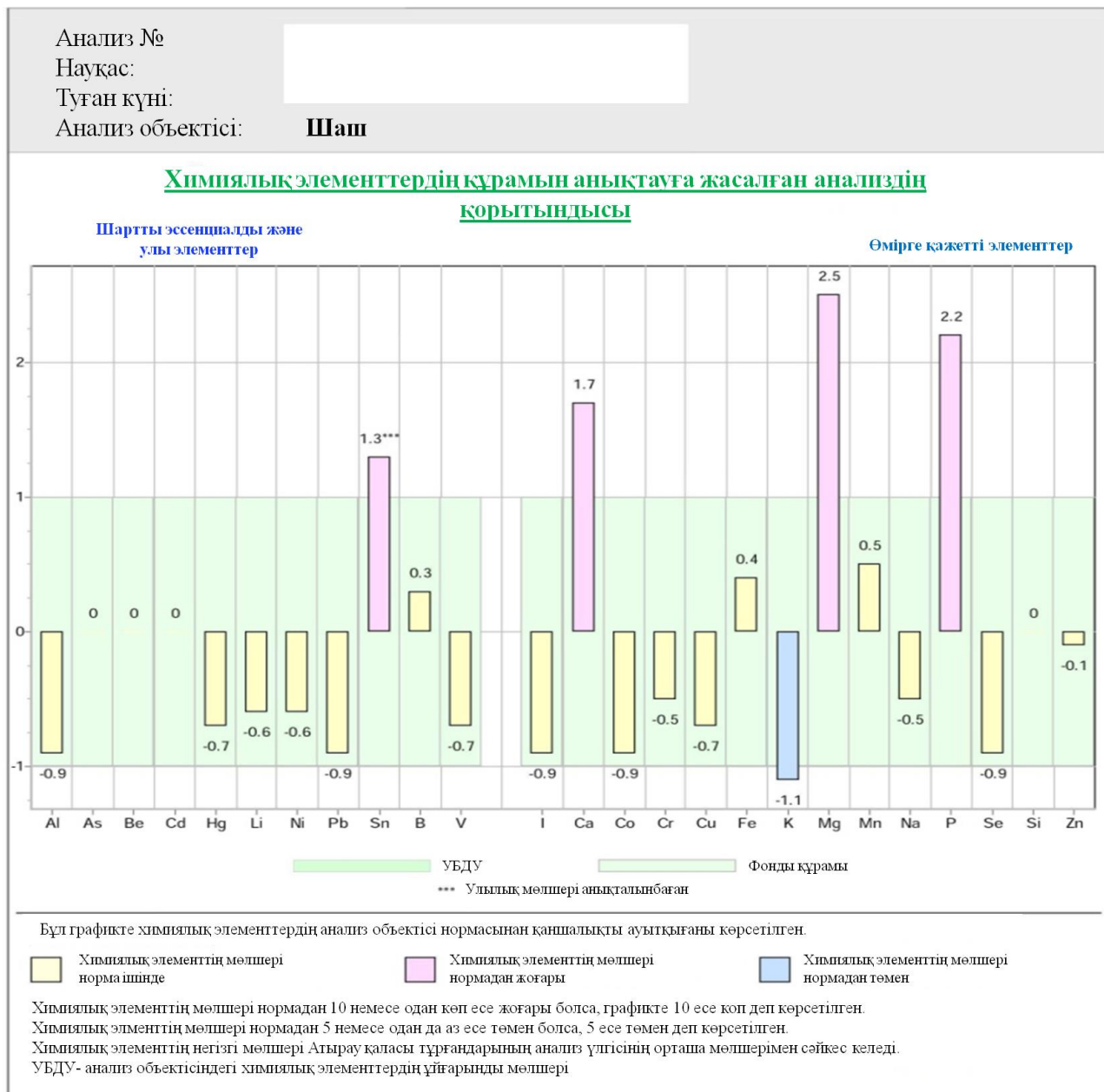
**Үлгілерді таңдау және дайындау.** Шаш желкеден бастап ұзыннан кем дегенде 0,1 г кесіліп алынған. Шаштың беттік ластануы мен майлылығын жою үшін, МАГАТЭ ұсынған шаш үлгілерін дайындау әдісі қолданылған. Ол үшін шашты 10–15 минут аралығында ацетонмен өңдеген, кейін үш рет дистилденген сумен шайылған. Шашты кептіру бөлме температурасында 10–15 минут аралығында жүргізілген.

**Зерттеулер нәтижесі.** Шаш құрамындағы химиялық элементтер құрамына байланысты жасалған омикс-зерттеулер нәтижесі (элементограмма) көбінесе ауытқудың референсті интервалдар шегінде болды (сурет 1). Белгілі өмірлік қажетті химиялық элементтер құрамы және олардың тапшылығы немесе артықшылығы нормадан елеулі ауытқу жағдайлары әртүрлі сипат алды. Алынған ақпараттардың анық және барабар талдануы үшін біз жыныстық айырмашылықтарға байланысты деректерді сараладық.

Әйелдердің шашында фосфор, мырыш, кремний, кальций, магний, калий, натрий, қорғасын және хром деңгейі айтарлықтай жоғары, ал кобальт, мырыш, мыс, йод және селен мөлшері ауытқудың референсті интервалдарынан айтарлықтай төмен. Ерлер организмде калий, кальций, фосфор, натрий, хром, магний, йод және бордың жоғары үлесін және кобальт, мырыш, магний, мыс, темір және йодтың тапшылығын айқындаймыз. Айта кететін жайт, барлық зерттелген адамдардың ішінде 25–75 %-ында кальций, калий, натрий, фосфор, хром мен магний құрамы нормадан жоғары болды. Ең ерекшесі нормадан ауытқу болды, яғни эссенциалды микроэлементтердің 40–50%-ға артуы, мысалы,

• **Технические науки**

тек әйел ағзасындағы цинк пен кремнийдің үлесі. Тапшылық та ерекшеленеді, яғни екі зерттелетін топ организміндегі кобальт, қорғасын, цинк, йод, калийдің 30–70 %-ға төмендеуі.



1-сурет. Шаштың элементограммасы

**Нәтижелерді талдау және қорыту.** Әрбір науқастың шаш элементограммасы оның жеке элементтік дәрежесін, яғни металлом компоненттерінің жағдайын көрсетеді. Шаштың элементтік құрамы көбінесе техногенді және элиментарлы факторлардың әсерінен пайда болған табиғи ортаның аймақтық ерекшеліктерін көрсетеді (кесте 1). Шаш құрамындағы кальций, фосфор, калий, натрий және магний үлесінің өзгерістеріне аса қатты назар аудармадық, себебі, ол тамақтануға, әлеуметтік дәрежесіне, өмір салтына, жасына байланысты және әдетте ол қысқа. Сондай-ақ, келесі себептермен шамалы теңгерімсіздік көрсеткен темір, хром, қорғасын, марганец және бор үлесін талдамадық: біріншіден, барлық ауытқулар анықталмаған; екіншіден, алынған деректерді барабар интерпретациялау үшін кан, зар және спецификалық биопаттағы осы элементтердің құрамын қосымша талдау мен мониторингтеуді қажет етеді. Мыс, мырыш, йод және калийэссенциальді элементтердің жетіспеушілігі, әсіресе кобальт мөлшерінің аса төмендеуі (65–73%) зат алмасудағы патологиялық бұзылулардың, жа-

суша ішіндегі гомеостаздың және металлом пулы бұзылуының нәтижесінде болуы мүмкін. Тұрақты және ұзақ мерзімді металломның, әсіресе өмірлік маңызды ауыстырылмайтын микроэлементтердің тұрақты деңгейінің бұзылуы, кешенді зерттеуді талап етеді және молекулярлы патологияларды және орфанды ауруларды анықтау үшін индикаторлы тест болуы мүмкін.

**1-кесте.** Химиялық элементтердің шаштағы анықталған мөлшері

<b>Шаштағы химиялық элементтердің тұрақты мөлшері</b>			
Элемент	Концентрациясы (мкг/г)	Қорытындысы	Ауытқу мөлшері
Al Алюминий	2.09	Норма	
As Мышьяк	<0.042	Норма	
B Бор	3.36	Норма	
Be Бериллий	<0.003	Норма	
Ca Кальций	5191.83	Жоғары	3
Cd Кадмий	0.004	Норма	
Co Кобальт	0.025	Норма	
Cr Хром	0.375	Норма	
Cu Мыс	11.96	Норма	
Fe Темір	37.90	Норма	
Hg Сынап	0.283	Норма	
I Йод	0.752	Норма	
K Калий	23.36	Төмен	1
Li Литий	0.019	Норма	
Mg Магний	501.15	Жоғары	3
Mn Марганец	1.42	Норма	
Na Натрий	99.73	Норма	
Ni Никель	0.416	Норма	
P Фосфор	377.68	Жоғары	4
Pb Қорғасын	0.208	Норма	
Se Селен	0.258	Норма	
Si Кремний	32.24	Норма	
Sn Қалайы	3.17	Жоғары	1
Va Ванадий	0.051	Норма	
Zn Мырыш	201.31	Норма	

*Ескерту:* Ауытқу мөлшерін бағалау 4 балдық шкала бойынша жүреді.

Шаштағы өмірге қажетті химиялық элементтердің концентрациясының жоғары болуы әдетте оларды ағзадан шыққанын көрсетеді (дефицит алды сатысы).

**Қорытынды.** Жоғарыда айтылғандарды қорытындылай келе, әрбір науқасқа ауруханада мультиомды технологиялар қолданғандағы жеке көзқарас диагностика кезіндегі дәрігердің қателесу мүмкіндігін төмендетеді, емделу тиімділігін жоғарылатады, тиімсіз дәрілердің тағайындалуын жояды және емдеу мен оны алдын алу процестерін перманентті мониторингтеуге мүмкіндік береді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Мусихина Т.А. “Комплексная оценка и районирования экологической безопасности. “Дисс. Докт. Наук. Москва, 2011, 240 с.
- [2] Oliver SG, Winson MK, Kell DB, Baganz F (September 1998). «Systematic functional analysis of the yeast genome». *Trends in Biotechnology* 16 (9): 373–8. DOI:10.1016/S0167-7799(98)01214-1. PMID 9744112.
- [3] Шарипов К.О., Булыгин К.А., Киргизбаева А.А. “Индивидуальный элементный статус как часть персонализированной медицины” *Журнал Здоровье семьи – XXI век*. 2015. С. 384-389.
- [4] Daviss (April 2005). «Growing pains for metabolomics». *The Scientist* 19 (8): 25–28.
- [5] Jordan KW, Nordenstam J, Lauwers GY, Rothenberger DA, Alavi K, Garwood M, Cheng LL (March 2009). «Metabolomic characterization of human rectal adenocarcinoma with intact tissue magnetic resonance spectroscopy». *Diseases of the Colon & Rectum* 52 (3): 520–5. DOI:10.1007/DCR.0b013e31819c9a2c. PMID 19333056.



- [6] Griffin JL, Vidal-Puig A (June 2008). «Current challenges in metabolomics for diabetes research: a vital functional genomic tool or just a ploy for gaining funding?». *Physiol.Genomics*34 (1): 1–5. DOI:10.1152/physiolgenomics.00009.2008. PMID 18413782.
- [7] Wishart DS, Tzur D, Knox C, et al. (January 2007). «HMDB: the Human Metabolome Database». *Nucleic Acids Research* 35 (Database issue): D521–6. DOI:10.1093/nar/gk1923. PMID 17202168.
- [8] De Luca V, St Pierre B (April 2000). «The cell and developmental biology of alkaloid biosynthesis». *Trends Plant Sci.* 5 (4): 168–73. DOI:10.1016/S1360-1385(00)01575-2. PMID 10740298.
- [9] Griffin JL, Shockcor JP (July 2004). «Metabolic profiles of cancer cells». *Nat. Rev.Cancer*4 (7): 551–61. DOI:10.1038/nrc1390. PMID 15229480.
- [10] Nicholson JK (2006). «Global systems biology, personalized medicine and molecular epidemiology». *Mol. Syst. Biol.* 2: 52. DOI:10.1038/msb4100095. PMID 17016518.
- [11] Nicholson JK, Lindon JC, Holmes E (November 1999). «'Metabonomics': understanding the metabolic responses of living systems to pathophysiological stimuli via multivariate statistical analysis of biological NMR spectroscopic data». *Xenobiotica*, 29 (11): 1181–9. DOI:10.1080/004982599238047. PMID 10598751
- [12] Nicholson JK, Connelly J, Lindon JC, Holmes E (February 2002). «Metabonomics: a platform for studying drug toxicity and gene function». *Nat Rev Drug Discov* 1 (2): 153–61. DOI:10.1038/nrd728. PMID 12120097
- [13] Holmes E, Wilson ID, Nicholson JK (September 2008). «Metabolic phenotyping in health and disease». *Cell* 134 (5): 714–7. DOI:10.1016/j.cell.2008.08.026. PMID 18775301.
- [14] Essentials of medical geology. Impact of the Natural Environment on Public Health. 2005, Elsevier Inc. All rights reserved. P. 513-526; 633-644
- [15] Калетина Н.И., Калетин Г.И., Скальный А.В. Нарушение металло-лигандного меостаза (МЛГ) как возможная причина развития неблагоприятных побочных эффектов // Микроэлементы в медицине – 2005. – т.5. – вып.4. – С.64–69.
- [16] Оберлис Д. Биологическая роль макро- и микроэлементов у человека и животных / Д. Оберлис, Б. Харланд, А. Скальный; под ред. проф. А.В. Скального. – СПб.: Наука, 2008. – 543 с.

Шарипов К.О., Батырбаева А.А., Нармаганбетова Д.У.

**Мультиомные технологии и их применение в диагностике и мониторинге пациентов**

**Резюме.** В настоящей работе обсуждается возможность мультиомной технологии и их применение в диагностике и мониторинге больных. Выявлен состав макро-, микроэлементов в организме человека, так же установлено персональное лечение каждому больному. Установлено, что индивидуальная элементограмма может служить надежным тестом для донозологической диагностики с последующим персонализированным лечением и профилактикой выявленных микроэлементозов.

**Ключевые слова:** мультиомная технология, омикс-технологии, металлом, индивидуальная элементограмма, персонализированная медицина.

Sharipov K.O., Bатыrbaeva A.A., Narmaganbetova D.U.

**Multi-omic technologies and their application in diagnostics and monitoring of patients.**

**Summary.** Current paper contains discussion of opportunity of multi-omic technologies and their application in diagnostics and monitoring of the patients. Composition of macro- and microelements within the human body was identified, also personal treatment for each patient was established. Individual elementogram was found to be a reliable test for donorological diagnostics with further personified treatment and prevention of detected microelements.

**Key words:** multi-omic technology, omics technology, metallom, individual elementogramma, personalize medicine.

УДК 669.09

**Л. А. Толеубекова**  
(КарГТУ, Караганда, Республика Казахстан  
Leylatoleubekova145@gmail.com)

## **ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СПЛАВА НА КОРОНКАХ ЗУБЬЕВ КОВША ЭКСКАВАТОРА**

**Аннотация.** Представлены результаты экспериментов по изучению влияния микролегирования на износостойкость сплава зубьев ковша экскаватора. На примере стали 80ГСЛ показано, что микролегирование является эффективным средством повышения износостойкости деталей, контактирующих с абразивными средами. В качестве микролегирующих элементов были применены ультрадисперсные порошки тугоплавких металлов, такие как вольфрам, молибден, карбид титана.

Выбранный метод повышения износостойкости стали 80ГСЛ привел к следующим результатам: предел прочности на растяжение увеличился на 15-28 %, относительная износостойкость образца с микролегирующим элементом (W) достигла 50%, твердость материала увеличилась на 15-35 %.

Сделано заключение о целесообразности применения микролегирования для повышения абразивной износостойкости материала породоразрушающего инструмента. Доказано, что данный метод обеспечивает увеличение срока эксплуатации, повышение уровня механических, технологических свойств литых изделий.

**Ключевые слова:** Коронка, износостойкость, сталь, нанопорошки, легирующие элементы, микролегирование, предел прочности.

Ковш – это один из главных элементов экскаватора или погрузчика. Его основная работа - это извлечение, рыхление и перемещение грунта. *При разработке скальных грунтов комплект зубьев ковшей экскаваторов интенсивно изнашивается и срок их службы не превышает 5-10 дней. Работа экскаваторов с изношенными зубьями снижает производительность и повышает износ машины, приводит к дополнительным затратам на замену изношенных деталей.*

Залогом надежности для зубьев ковша служат коронки. Изначально к коронкам предъявляются жесткие требования. Они не только должны хорошо выполнять основную функцию – резать грунт, но и как можно медленнее изнашиваться.

В настоящее время практически всеми производителями налажен выпуск изделий из износостойких сталей, которые обладают высокими прочностными параметрами. В частности, применяется сталь марки 80ГСЛ.

В практике современного металлургического производства одним из перспективных направлений повышения качества и улучшения качества потребительских свойств, не требующих значительных сырьевых и энергетических затрат, является микролегирование сталей.

Под микролегированием понимается введение отдельных легирующих элементов (металлов) или их соединений в расплав, если при этом их содержание не превысит долю в 0,1 %.

Не приводят к значительному увеличению срока службы ни изменение формы изделия, ни различного рода наплавки (например, сормайт – высокохромистый и высокоуглеродистый твердый сплав на основе железа содержащий также никель и кремний) на рабочую поверхность, ни даже специальные виды термической обработки.

Для достижения поставленной цели – увеличение срока эксплуатации, повышение износостойкости коронок, было применено легирование ультрадисперсными порошками тугоплавких металлов.

За материал исследования в настоящей работе приняты ультрадисперсные порошки тугоплавких материалов и химические соединения на их основе, микролегированные стали полученные с использованием нанопорошков.

Для исследований процессов микролегирования производилась выплавка стали 80ГСЛ. Механические свойства стали приведены в Таблице 1. Количество каждого микролегирующего элемента составляло не более 0,1 %.

Таблица 1. **Механические свойства 80ГСЛ**

Режим термической обработки	Сечение, мм	$\sigma_{0,2}$	$\sigma_B$ , МПа	$\delta$ ,%	$\psi$ ,%	KCU, Дж/см <sup>2</sup>	Твердость, НВ
Закалка 860-880°C, отпуск 600-630°C	100	720	1020	10	12	65	255

Выплавка проводилась в лабораторной индукционной плавильной печи ВТГ-2,5-22, предназначенной для плавки сталей, чугунов, цветных металлов и сплавов. Заливка производилась при температуре 1550 – 1580°C. Химический состав стали приведен в Таблице 2.

Таблица 2. **Химический состав стали 80ГСЛ**

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Fe	Cu
0,8-1,1	0,8-1,2	1-1,5	0,5	до 0,05	До 0,05	0,5	95	-

Для получения нанопорошков в небольших количествах была использована лабораторная наномельница Retsch E<sub>max</sub>. Полученные нанопорошки предназначались для исследований – определения размеров наночастиц, распределения их по размерам, определения химического состава. Исследованные нанопорошки запрессовывались в алюминиевый контейнер на установке HYDROPRESS 50. Были получены 50 формованных «таблеток» диаметром 25 мм, которые затем вводились в расплав в качестве микролегирующих элементов.

Диаметр полученных в наномельнице частиц составил менее 100 нм, это было определено с помощью растрового электронного микроскопа Tescan Vega.

С помощью рентгенофлуоресцентного спектрометра СРВ-1В, предназначенного для экспрессного качественного и количественного определения содержания (массовых долей) химических элементов в твердых, жидких и порошкообразных объектах природного и искусственного происхождения [1], в работе определяли количество микролегирующих элементов в порошковом состоянии.

В результате проведенных экспериментов установлено: предел прочности на растяжение возрастает на 15-28 %, увеличение относительной износостойкости образца с микролегирующим элементом (W) концентрацией  $\approx 0,1\%$ , полученным механохимическим методом достигает 50%, твердость материала увеличивается на 15-35 %.

Если применять нанопорошки для микролегирования, то они обладают явными преимуществами перед различными методами упрочнения и легирования сталей [2]. Например, при обычном легировании требуется вводить в сплав от 0,5 % легирующих элементов и более, а при микролегировании не более 0,1 % каждого элемента. При этом достигается более высокое качество конечного продукта.

Установлено, какое количество нанопорошка W необходимо ввести в сплав 80ГСЛ для того, чтобы получить требуемые механические свойства.

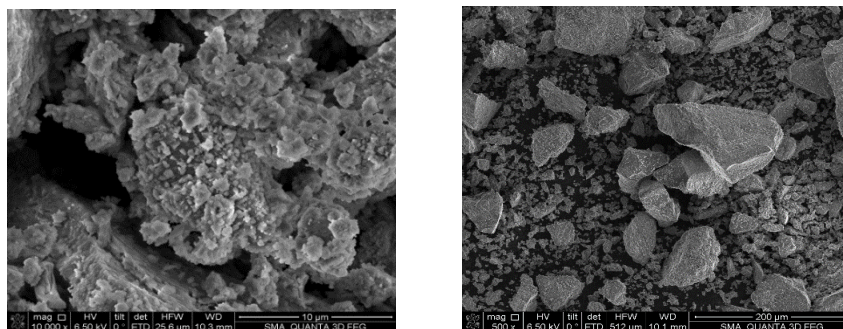
В результате были получены максимальные механические свойства  $\sigma_B = 1200$  МПа и  $\delta = 14$  %, при расходе 0,1 масс % нанопорошка W, что превышает эти характеристики ( $\sigma_B = 1020$  МПа и  $\delta = 10$  %).

После введения в сталь микролегирующих элементов (до 0,1%) находящихся в наносостоянии таких как, вольфрам, молибден, карбид титана структура изменилась следующим образом (Рисунок 1).



Рис. 1. Микроструктура стали 80ГСЛ (слева до микролегирования (W), справа после, травление 5% HNO<sub>3</sub>)

Изображения полученные с помощью растрового электронного микроскопа показывают размер и характер распределения частиц в структуре металла до и после проведения операции микролегирования (Рисунок 2). После введения ультрадисперсного порошка вольфрама, который сыграл роль связывающего компонента структуры, вследствие чего укрепились связи между элементами структуры, что, в свою очередь повлияло на увеличение показателей механических свойств стали 80ГСЛ [3].



**Рис. 2.** РЭМ изображение стали 80ГСЛ (слева до микролегирования (W), справа после)

На машине ИИ 5018, предназначенной для испытаний на трение и износ металлов и сплавов, а также композитов, были проведены испытания на износ при температурах, возникающих на коронке зуба при работе. При температуре в 58 °С достигается минимальный износ поверхности равный 1,1 мкм<sup>3</sup>, коронки, легированной ультрадисперсным порошком вольфрама.

Таким образом, приведенные в статье результаты применения нанопорошковых технологий при производстве деталей, к которым предъявляются определенные требования, показали их высокую эффективность использования в качестве микролегирующих элементов, измельчающих структуру изделий агентов, что обеспечивает увеличение срока эксплуатации, повышение уровня механических, технологических свойств литых изделий.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Н.А. Азаренков, А.А. Веревкин, Г.П. Ковтун. Основы нанотехнологий и наноматериалов. Учеб. Пособие – Харьков: Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, 2009 – 69 с.
- [2] Крушенко Г.Г. Влияние нанопорошков тугоплавких материалов на свойства литых изделий из черных и цветных металлов и сплавов. // Наука производству, 2003, № 4, с. 29-36.
- [3] Крушенко Г.Г. Повышение качества металлов и сплавов с помощью нанопорошков тугоплавких химических соединений. // Известия ВУЗов. Черная металлургия, 2003, № 4, с. 36-41.
- [4] <http://ferrosplyav-chel.ru/tech/microalloying/>
- [5] <http://lip.kstu.kz/wp-content/uploads/2013/12/oborudovanie.pdf>

Толеубекова Л.А.

#### **Экскаватордың шелектегі тістің тағандарына қорытпаның тозуға төзімділігін арттыру**

**Түйіндеме.** Ковш тіс тозуға микро-қоспалау әсерін бойынша эксперименттердің нәтижелері. Мысалда бұл микролигирование көрсетілгендей болуға 80ГСЛ абразивті ақпарат құралдарымен байланыста бөлшектерді тозуға төзімділігін арттыру үшін тиімді құралы болып табылады. Микролегировандалған элементтер ретінде ультра балқытын металл ұнтақтар сияқты вольфрам, молибден, титан карбид ретінде, қолданылды.

Болат 80ГСЛ тозуға төзімділігін арттыру үшін таңдау әдісі мынадай нәтижелерге әкелді: 15-28% -ға артты, үзілуге беріктігі, микро-қоспалау элементі (W) үлгідегі салыстырмалы тозуға, 15-35% -ға артты материалды қаттылығын 50% -ға жетті.

Кескіш құрал материал абразивті тозуға төзімділігін арттыру үшін микролегирование орындылығы туралы қорытынды. Бұл әдіс қызмет мерзімінің ұзаруын, құйылған өнімдердің механикалық, технологиялық қасиеттерінің деңгейін жоғарылатуды дәлелдейді.

**Түйінді сөздер:** Қаптау, тозуға төзімділік, болат, нанотехникалық заттар, легирленген элементтер, микроэлементтер, түпкілікті күш.

Toleubekova L. A.

**Increasing the wear resistance of the alloy on the crowns of the teeth of the bucket of the excavator**

**Summary.** The results of experiments on the effect of microalloying on the wear resistance of the bucket teeth of the excavator bucket are presented. On the example of 80GEL steel, it was shown that microalloying is an effective means of increasing the wear resistance of parts in contact with abrasive media. As microalloying elements, ultrafine powders of refractory metals such as tungsten, molybdenum, titanium carbide were used.

It was found that the chosen method of increasing the wear resistance of 80GEL steel resulted in the following results: tensile strength increased by 15-28%, the relative wear resistance of the sample with a micro-alloy element (W) reached 50%, and the hardness of the material increased by 15-35%.

A conclusion is made about the advisability of using microalloying to improve the abrasive wear resistance of a rock-cutting tool material. It is proved that this method provides an increase in the service life, an increase in the level of mechanical, technological properties of cast products.

**Keywords:** Crown, wear resistance, steel, nanopowders, alloying elements, microalloying, tensile strength.

УДК 669.09

**Е.Е. Жумагалиев**

(КапГТУ, Караганда, Республика Казахстан

[Zhume@mail.ru](mailto:Zhume@mail.ru))

**ЛИТЫЕ ЧУГУННЫЕ МЕЛЮЩИЕ ШАРЫ ДЛЯ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** Мелющие шары – это основной компонент в технологическом процессе измельчения материалов при производстве цемента, стекла, силикатных изделий, при извлечении концентрата для производства металлов. Размол сырья осуществляют, как правило, в шаровых мельницах с помощью мелющих шаров. Потребность в мелющих шарах на внутреннем рынке Казахстана довольно значительна и составляет около 9 тыс. тонн в год. Из них около 18 % составляют мелкие шары 30 - 50 мм, около 82 % - средние и крупные 60 - 120 мм. Учитывая высокую потребность перерабатывающего производства в мелющих шарах, экономически и технологически целесообразным является комплексное улучшение механических и специальных свойств мелющих шаров, применяемых для дробления и измельчения, при низких затратах трудовых и материальных ресурсов на их изготовление.

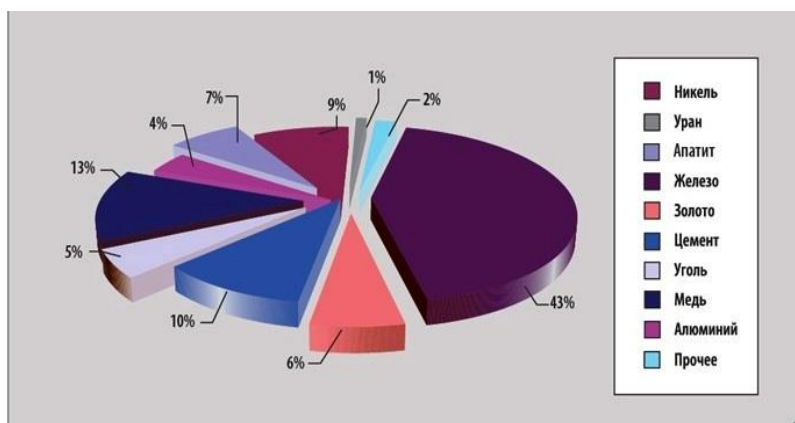
**Ключевые слова:** мелющие шары, измельчение, шаровые мельницы, grinding balls, grinding, тегістеу шарлары.

Основными потребителями мелющих шаров являются горно-металлургическая, цементная и энергетическая отрасли. Объем мирового рынка мелющих тел составляет 3 млн. т в год. Согласно оценкам компании Hatch Beddows, в США и Канаде используется свыше 600 тыс.т, в СНГ— 480 тыс.т (15,8%), Австралии— 375 тыс.т, Китае— 335 тыс.т .

Диаграмма потребления шаров в Казахстане может быть представлена следующим образом - 43% мелющих тел для твердых и относительно бедных железных руд, 22% - медные и никелевые руды, 10% - приходится на цемент.

В Казахстане ожидается существенный рост потребления мелющих шаров. Это связано с увеличением объемов добычи угля, руд чёрных и цветных металлов, развитием энергетической отрасли и ростом объемов промышленного и гражданского строительства. Следует учесть, что из-за постепенного истощения сырьевой базы для извлечения полезного компонента приходится перерабатывать сопутствующую породы все в больших объемах и измельчать руду все тщательнее (зачастую фракция полезного компонента не превышает 20 мкм).





**Рис. 1.** Диаграмма потребления мелющих шаров по отраслям Казахстана

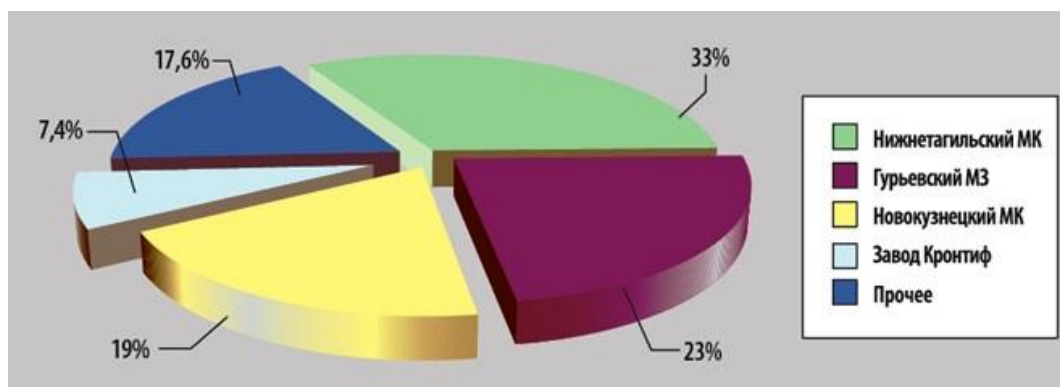
Мелющий шар практически полностью изнашивается при эксплуатации (износ до 0,5-2 кг/т) и расходы на их приобретение составляют, по разным оценкам, от 15 до 35% от общих технологических затрат соответствующих производств. В связи с этим повышение долговечности шара на протяжении последних десятилетий не теряет своей актуальности в мировой практике.

Используемые сегодня в мире мелющие шары делятся на стальные катаные и чугунные литые. Катаные стальные шары в основном получают пластической деформацией на станах поперечно-винтовой прокатки, а также методом штамповки иковки.

Литые чугунные шары производят методами литья в кокиль, по технологии литья в песок, методом центробежного литья или на наклонно-поворотных разливочных машинах.

Основными производителями шаров в СНГ являются:

Нижнетагильский МК – 33 %, Новокузнецкий МК – 19 %, Гурьевский МЗ – 23 %, а также ЗАО «Кронтиф», который производит 7 % (литых чугунных) шаров. Остальные 18 % производимых в СНГ шаров приходятся на 12 металлургических предприятий.



**Рис. 2.** Структура производителей мелющих шаров в СНГ

Для шаров, выпускаемых на предприятиях Казахстана и стран СНГ, актуальным является повышение поверхностной твердости при увеличении глубины залегания упрочненного слоя.

До последнего времени внутренний рынок Казахстана оставался нетребовательным к качеству шаров. Но по мере развития интеграционных процессов, переход на использование высококачественных дорогих изделий с лучшими эксплуатационными свойствами является неизбежным. Без улучшения качества отечественных шаров со временем их место займет импорт и Казахстан попадет в зависимость от поставок этого стратегически важного ресурса.

Таким образом, производство чугунных шаров неизбежно будет развиваться по пути создания и применения технологий, обеспечивающих получение тел большого диаметра (100-120 мм) с плотной макроструктурой, обеспечивающей им высокую стойкость к расколу. Ударостойкость литых шаров может быть повышена введением в жидкий чугун дисперсных порошков тугоплавких соединений, ча-

стично или полностью устраняющий транскристаллитную структуру. Обработка расплава комплексными модификаторами позволяет создавать в шарах структуру половинчатого чугуна с присутствием в центре отливки включений шаровидного графита, демпфирующих ударные нагрузки. Широкое внедрение технологий производства литых шаров повышенного качества в производство и использование этой продукции у потребителей обусловлено действием ряда экономических предпосылок.

В последние годы производство чугунных шаров на металлургических предприятиях уменьшилось как в связи с уменьшением объемов отбракованного металла, так и по причине экономической привлекательности и рентабельности выпуска шаров европейского качества. Также немаловажным аргументом в пользу применения более современных технологий производства мелющих шаров является повышение тарифов на электроэнергию и обеднение имеющихся руд. Более высокое качество шаров существенно снижает затраты на электроэнергию до 20% и повышает качество размола сырья.

В заключении следует отметить, что в настоящее время в Казахстане идет проработка нескольких проектов создания предприятий по выпуску мелющих шаров. Объем производства планируется от 10 до 60 тыс. тонн в год при номенклатуре по диаметрам от 20 до 120 мм.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] <http://mining-media.ru/ru/article/drobilka/1058-ispytaniya-sharov-dlya-sharovykh-melnits-na-iznosostojkost>  
[2] <http://www.dissercat.com/content/povyshenie-svoistv-chugunnykh-melyushchikh-sharov-i-kokilei-dlya-ikh-litya>  
[3] Опыт освоения комбинатами «Азовсталь» технологии производства катаных мелющих шаров диаметром 120мм с твердостью по 3-й группе прочности ДСТУ 3499/ В. Г. Ефременко, И. В. Ганошенко, Ф. К. Ткаченко и др. // Металлургические процессы и оборудование, 2006 г. - № 3. - С. 25- 28.  
[4] Освоение производства штампованных мелющих шаров диаметром 100 мм повышенной твердости / В. Н. Агафонов, В. Г. Ефременко, Ю. А. Смолиенко и др. // Металл и литье Украины. - 2005. - № 1-2.-С. 43-44.  
[5] Цыпин И. И. Белые износостойкие чугуны. Структура и свойства. - М.: Металлургия, 1983. - 176 с.  
[6] Производство литых мелющих тел за рубежом / Д. К. Нестеров, А. Н. Клименко, В. И. Удовиков и др. // БНТИ «Черная металлургия». - 1986. - № 10. - С. 22-23.

Жумагалиев Е.Е

#### **Тасымалдауға арналған темір шойын шарлары**

**Түйіндемe.** Тегістеу шарлары - металдарды өндіру үшін концентратты шығару кезінде цемент, шыны, силикат өнімдерін өндірудегі ұнтақтау материалдарының технологиялық процесінің негізгі құрамдас бөлігі болып табылады. Шикізатты тегістеу, әдетте, шарикті диірменде ұнтақтау шарлары арқылы жүзеге асырылады. Қазақстанның ішкі нарығында шарларды ұсату қажеттілігі өте маңызды және жылына 9 мың тоннаны құрайды. Олардың 18% -ы - 30-50 мм шарлар, 82% - орташа және үлкен 60 - 120 мм.

Өңдеу өнеркәсібінің шарларды ұнтақтаудағы жоғары сұранысты ескере отырып, ұсақтау және ұсақтау үшін пайдаланылатын ұнтақтау шарларының механикалық және арнайы қасиеттерін жақсарту үшін экономикалық және технологиялық тұрғыдан алғанда, олардың еңбек өнімділігі төмен және материалдық ресурстары бар.

Zhumagaliyev E.E.

#### **Cast-iron grinding balls for the grinding of materials**

**Summary.** Grinding balls - a key component in the process of grinding materials in the production of cement, glass, silicate products, extraction of the concentrate for the production of metals. Grinding of the raw material is generally carried out in the ball and tube mill using grinding balls. According to a study, the need for grinding bowls in the domestic market of Kazakhstan is quite significant and is around 9 thousand tonnes per year. Of these, about 18% are smaller balls 30 - 50 mm, and about 82% - medium and large 60 - 120 mm. Given the high demand for processing production of grinding balls, economically and technologically feasible is a comprehensive improvement in the mechanical properties and special grinding balls used for crushing and grinding, with the low cost of labor and material resources in their manufacture.



УДК 669.09

**А. М. Каримова, Е. Т. Аманжолов**  
(КарГТУ, Караганда, Республика Казахстан)

**«САРЫАДЫР» КЕН ОРЫНЫ КӨМІРІН ҚЫЗДЫРУ  
КЕЗІНДЕГІ ТЕРМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ**

**Аннотация.** «Сарыадыр» кен орыны көмірін қыздыру кезіндегі термиялық қасиеттерін зерттеу қарастырылған. Термиялық анализ әдісі – температураның өсуімен қатар жүретін, жоғары өрістеуге ие болған зерттеу тәсілдерінің бірі б.т.. Термиялық ыдырау процесі нәтижесінде, көмірді қыздыру кезіндегі ұшқыш заттардың бөлініп шығу динамикасын анықтау мақсатында, дифференциалды-термиялық анализ жүргізілді. Зерттеу үшін Сарыадыр кен орынынан 710 мг салмақты көмір үлгіге алынды, дериватограммасы 1 суретте ұсынылған.

**Түйінді сөздер:** термиялық ыдырау, эндотермиялық әсер, көмір.

Электрбалқыту кезінде шихталық материалдар (жоғары күлді көмір) бастапқы қасиеттерін елеулі өзгертегіндей, бір қатар физико-химиялық өзгерістер қосып жүретін, жоғары температуралар әсеріне ұшырайды. Соның ішінде, жоғарғы температуралар әсерінен ұшқыш заттар жойылуы және органикалық қосындылар ыдырауымен қатар, кеуек құрылысы мен құрылымының өзгеруі жүреді.

Көрсетілген процесстер уақыты бойынша көміртектің шихтаның көміртектің бөлігінің тотықтары арасындағы байланысымен біріктірілгендіктен, және көп жағдайда байланысты болғандықтан, физико-химиялық өзгерістердің жалпы көрінісі өте қиын және осыған орай қажетті түрде зерттелмеген.

Термиялық анализ әдісі – температураның өсуімен қатар жүретін, жоғары өрістеуге ие болған зерттеу тәсілдерінің бірі б.т. [1-3].

Термиялық ыдырау процесі нәтижесінде, көмірді қыздыру кезіндегі ұшқыш заттардың бөлініп шығу динамикасын анықтау мақсатында, дифференциалды-термиялық анализ жүргізілді. Зерттеу үшін Сарыадыр кен орынынан 710 мг салмақты көмір үлгіге алынды, дериватограммасы 1 суретте ұсынылған. Зерттеу материаланың химиялық анализі (кесте 1).

Кесте 1. Зерттеу материаланың химиялық анализі

Материал	Құрамы, %								
	A	V	W	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Сарыадыр	66,3	14	1,5	60-64	33-35	0,6-0,9	0,9-1,4	0,1-0,2	0,04

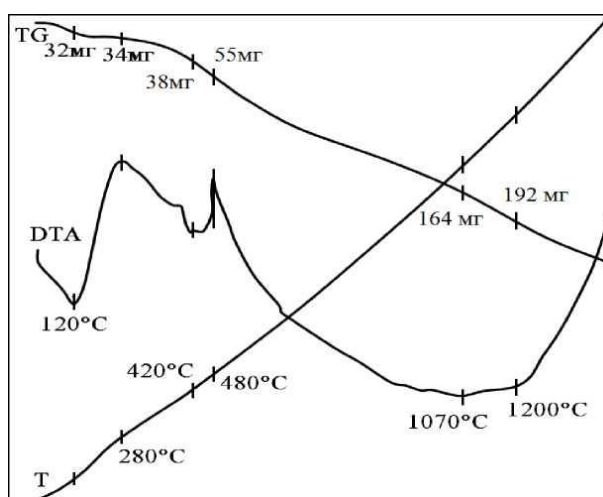
Анализдің термиялық әдістері көпкомпонентті жүйелердің жеке байланыстары арасындағы немесе химиялық байланыстарда жылу қысымымен жүретін химиялық реакциялар мен физикалық өзгерістерді зерттеу үшін қызмет етеді. Термиялық процесстер (химиялық реакция, күй өзгерісі немесе фаза айналымы) ішкі жылуқұрамының азды-көпті өзгерісімен қатар жүреді. Өзгерістермен бірге жұтылу (эндотермиялық өзгеріс) немесе жылу бөліну (экзотермиялық өзгеріс) жүреді. Бұндай жылулық эффектілері дифференциалды-термиялық анализ әдісімен анықталады. Өзгерістер көп жағдайда салмақтың өзгеруіне байланысты, және ол термогравиметриялық әдіс көмегімен жоғары дәлдікте анықталады [4].

Дифференциалды-термиялық анализ, масса өзгерісін (TG) және масса өзгері жылдамдығын (DTG), сонымен қатар берілген жылдамдық бойынша тоқтаусыз қыздыру кезінде зерттелінетін және инертті үлгілер арасындағы температура айырмашылығын (DTA) анықтауға мүмкіндік беретін, Ф.Паулик, И.Паулик, Л.Эрдей дериватограф жүйесінде (Ж.Әбішев ат. ХМИ) ауаны тотықтандыру атмосферасында жүргізілді. Қыздыру жылдамдығы минутына 10 градусты құрады. Дериватографтың DTA сезімталдығы 1/10 құрады.

Сапалы көміртекті қалпына келтіргіш таңдау кезіндегі негізгі факторлардың бірі болып, термиялық өңдеу кезінде физико-химиялық процесстер анализі негізінде зерттелетін құрамы б.т.

Термиялық ыдырау процесі нәтижесінде, көмірді қыздыру кезіндегі ұшқыш заттардың бөлініп шығу динамикасын анықтау мақсатында, дериватографта Q-1500D 1200 0C температураға дейін дифференциалды-термиялық анализ жүргізілді. Зерттеу үшін Сарыадыр кен орынынан 710 мг салмақты көмір үлгіге алынды, дериватограммасы 1 суретте ұсынылған.

Сарыадыр көмірінің дериватограммасы



Дифференциалды-термиялық анализ, масса өзгерісін (TG) және масса өзгері жылдамдығын (DTG), сонымен қатар берілген жылдамдық бойынша тоқтаусыз қыздыру кезінде зерттелінетін және инертті үлгілер арасындағы температура айырмашылығын (DTA) анықтауға мүмкіндік беретін, Ф.Паулик, И.Паулик, Л.Эрдей дериватограф жүйесінде (Ж.Әбішев ат. ХМИ) ауаны тотықтандыру атмосферасында жүргізілді. Қыздыру жылдамдығы минутына 10 градусты құрады. Дериватографтың DTA сезімталдығы 1/10 құрады [4].

Бастапқы температура 25 0C. Сарыадыр көмірінің дифференциалды-термиялық қисығында төрт термиялық әсер ашық көрінген. Максимум 120 0C температура кезінде болатын бастапқы күрт эндотермиялық әсер, әдетте кептірудің үдемелі шыңы деп атайтын, гигроскопиялық ылғалдың жоғалуын көрсетеді. Осы шың терендігі мен бұрыштағы ылғал құрамы арасында тура байланыс бар. Құрылымы тұрақты қалып, ілме массасы 4,5%-ға азаяды. Деректер бойынша көмірден ылғал бөлінгеннен кейін, шамамен 280 0C температурасы кезінен бастап көмірдің органикалық массасының термиялық бұзылуымен ілесіп жүретін екінші эндотермиялық әсер басталады. Нәтижесінде газ немесе сұйық тәрізді өнімдер құрылады. Бірнеше уақыттан соң, 300-320 0C кезінде ұшқыш заттар бөлінуі басталады. Экзотермиялық әсердің басталуына салдар болатын 400-420 0C шыңында эндотермиялық әсер бітеді. А. Бойер және П. Пайен экзотермиялық әсердің нәтижесі деп пластикалық күйге өту мезетіндегі көмірдің жылуөткізгіштігінің ұлғаюын ұйғарды. 480 0C температурасы кезінде кенет өзгеру, көмірдің температура өткізгіштігінің артуын айғақтайды. Бұл әсерді көмірдің пластикалық қатаюынан кейін басталатын екінші ретті газ бөлінумен түсіндіруге болады. 800°C және 1000°C температурасы аралығында көмір затының құрылым түзету жағына түзілуі байқалады. Одан басқа 23%-ға дейін ілме массасының азаюы көрінеді.

Термограммада экзотермиялық әсермен 1070-1200 0C температурасы кезінде муллит  $3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$  құрылуы көрсетілген. Ары қарай 1500°C температурасы кезінде экзотермиялық әсер кремни карбидінің түзілуін түсіндіреді. Сынама ілмесі 710 мг құрайды. Ілме массасының жалпы шығыны 230 мг (32,39%) құрайды.

Жоғарыда «Сарыадыр» кен орынының көміріне жүргізілген зерттеулерге сүйене отырып келесі нәтижелер шығаруға болады: көмірдің термиялық ыдырауының негізгі процессі 300-500°C температурасында жүреді, демек, ұшқыш құрамдастар ферробалқыту пештерінің жоғарғы жақтарында бөлінеді және бөлінген газдармен қатар қалпына келтіру атмосферасын құрайды. Қалпына келтіргіштер пештің жұмыс аймағының реакциялық зонасына аса «ашық», байланысу қабілеті жоғары күйде түседі, ол түрлі феррокорытпады балқыту технологиясын жағымда әсерін тигізеді, жекешелендіргенде құрамында кремний бар балкымаларда.

ӘДЕБИТТЕР

- [1] Пилоян Г.О. Введение в теорию термического анализа. М.: ИЛ, 1961. - Б. 294.  
[2] Шестак Я. Теория термического анализа //Физико-химические свойства твердых не-органических веществ: Пер. с англ.- М.: Мир, 1987. - 456 б.  
[3] Берг Л.Г., Бурмистрова Н.П., Озерова М.И., Цуринов Г.Г. Практическое руководство по термографии. - Издательство Казанского университета, 1976. - 223 б.  
[4] Кузнецов А., Ким В., Кузнецов П. Исследование кинетики горения мелких фракций топлива //Промышленность Казахстана.- 2001, №12.- Б. 85-86.  
[5] Глушченко И.М. Термический анализ твердых топлив. - М.: Metallurgia, 1968. – 192б.

Каримова А. М. Аманжолов Е. Т.

**Исследование термических свойств угля месторождения «Сарыадыр» при нагревании**

**Резюме.** Рассмотрено изучение тепловых свойств Сарыадырского поля при нагреве угля. Одним из методов исследования процессов, последовательно протекающих при повышении температуры, получивших широкое распространение, является метод термического анализа [1-3]. С целью анализа динамики выделения летучих веществ при нагревании углей в результате процесса термического разложения, был выполнен дифференциально-термический анализ. Для исследования был взят образец угля Сарыадырского месторождения навеской 710 мг, дериватограмма которого представлена на рисунке 1.

**Ключевые слова:** термическое разложение, эндотермический эффект, уголь.

Karimova A.M., Amanzholov Y.T.

**Study of the thermal properties of Saryadyr coal under heating**

**Summary.** The study of the thermal properties of the Saryadyr field during the heating of coal is considered. One of the methods for investigating processes that consistently occur with increasing temperature, which has become widespread, is the method of thermal analysis [1-3]. In order to analyze the dynamics of the evolution of volatiles during the heating of coal as a result of the thermal decomposition process, a differential thermal analysis was performed. For the study, a sample of coal of the Saryadyr deposit with a sample of 710 mg was taken, the derivatogram of which is shown in Figure 1.

**Keywords:** facing mixture, fillers, olivine sand.

УДК 622.349

<sup>1</sup>Г.М. Калыкова, <sup>2</sup>К.Р. Светлакова, <sup>1</sup>Е.К. Беляев

(<sup>1</sup>КазНУ им. Аль-Фараби,

<sup>2</sup>ТОО «Институт высоких технологий»,  
Алматы, Республика Казахстан)

### **ПОВЫШЕНИЕ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КАРТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ**

**Аннотация:** Рассмотрены вопросы моделирования гидродинамики процесса добычи урана методом ПСВ с использованием симулятора, позволяющего получить модели потоков технологических растворов для эксплуатационных блоков. Также был произведен расчет распределения давления и линий тока раствора в пласте по заданным на скважинах дебитам и рассчитанным данным по коэффициенту фильтрации. Это позволяет определить растекание раствора в пласте, что потенциально позволяет выявить зоны закисления, наряду с застойными зонами. Также рассмотрены возможности картирования различных параметров и характеристик процесса ПСВ, которые позволяют наглядно интерпретировать результаты и проводить их анализ.

**Ключевые слова:** Уран, подземное скважинное выщелачивание, моделирование, гидродинамика, продуктивность коэффициент фильтрации, картирование, технологический блок, серная кислота.

Необходимость совершенствования управления технологическими процессами при добыче урана методом поземно-скважинного выщелачивания (ПСВ) диктуется постоянно ухудшающимися горно-технологическими условиями добычи, когда происходит некоторое «удорожание запасов» урана, обусловленное близким истощением давно эксплуатируемых месторождений с наиболее богатыми рудами и благоприятными геотехнологическими условиями их отработки. Добывающие предприятия вынуждены вовлекать в производство более бедные руды, залегающих на больших глубинах, обладающие дополнительными «упорными» свойствами, осложняющими их переработку.

В то же время, отсутствие возможности прямого оперативного контроля, большая инерционность процесса, растянутость его во времени делают управление добычей довольно сложной задачей с тенденцией к постоянному ухудшению по мере отработки месторождения.

Основная цель современной разработки месторождений полезных ископаемых направлена наиболее полное извлечение извлекаемых запасов при максимальной экономической рентабельности. Для достижения наиболее полного коэффициента охвата (полноты извлечения) и коэффициента извлечения полезного компонента на данный момент широко используются передовые технологии. Одним из ключевых направлений по праву является компьютерное моделирование производственных и добычных процессов. Учет опыта отработки и компьютерное построение прогнозов развития производственных и геотехнологических процессов, позволяют существенно повысить эффективность отработки урановых месторождений полезных ископаемых.

Результаты по данному направлению должны улучшить работу проблемных блоков для выполнения контрактных условий предприятий в двух аспектах:

- уменьшение затрат на добычу/закисление путем исключения непроизводительных потерь кислоты;

- ускорение отработки блока путем оптимизации потоков технологических растворов.

Разрабатывая модель, рассматриваем процесс подземного выщелачивания (ПВ) как объект математического моделирования, с описанием структуры математической модели динамики процесса ПВ и принятых в ней ограничений и допущений, который протекает в рудоносном обводненном слое.

Необходимо учитывать, что данный слой ограничен верхними и нижними водоупорами. Моделируем процесс фильтрации раствора, являющегося многокомпонентным и неоднородным по различным показателям, таким как пористость и состав. Данный раствор находится под давлением создаваемым пластом, напором грунтовых вод и градиентом напора, создаваемым искусственно. Нельзя забывать, что одновременно с этим происходит химическое взаимодействие реагента с рудоносным слоем, в результате чего происходит либо растворение отдельных веществ, либо осаждение растворенных соединений, которые в свою очередь влекут изменение характеристик проницаемости пласта.

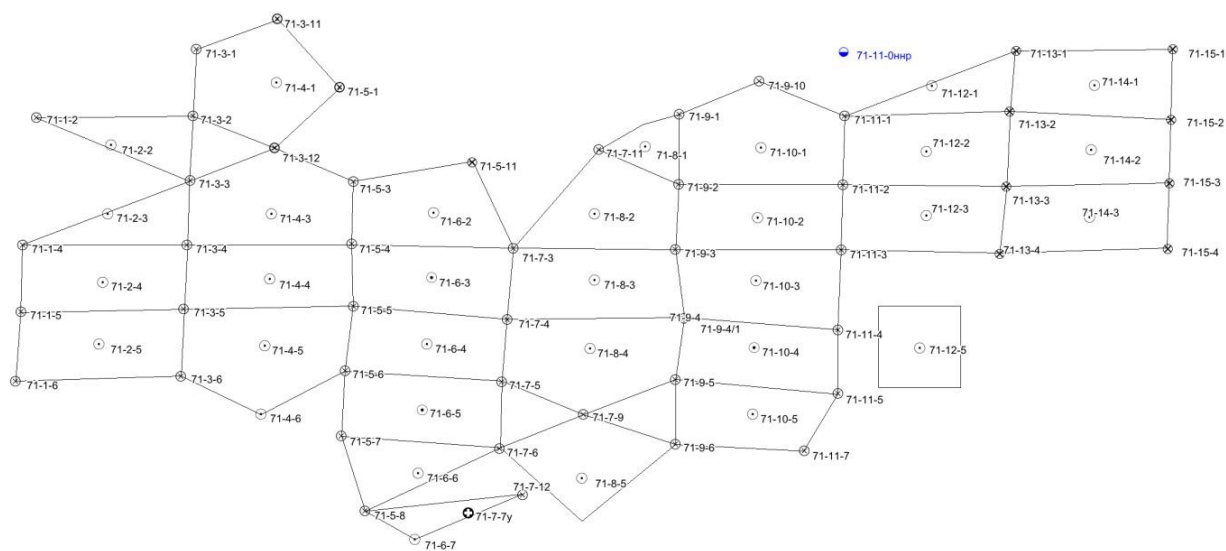
Назначение моделирования сводится к оптимизации добычи урана методом ПСВ на уранодобывающих предприятиях путем повышения эффективности разработки месторождений, увеличения доли извлекаемого урана и снижения экологической нагрузки на окружающую среду, а именно:

- подсчет с высокой точностью начальных и текущих объемов урана рассматриваемых участков и выявление богатых зон;
- оптимальное расположение скважин;
- мониторинг образования застойных зон и растекания раствора за пределы блока;
- прогнозирование, контролирование и управление процессом добычи урана регулированием содержания серной кислоты в выщелачивающем растворе, регулированием давления на скважинах и реверсированием потоков в рудном горизонте.

Построение модели проводилось с использованием прикладного программного обеспечения (ППО) по расчету 3-х мерной гидродинамической модели процесса добычи полезного компонента методом ПСВ.

Первичными данными для проведения интерполяции основных фильтрационных характеристик являются геофизические исследования, проведенные в разведочных и технологических скважинах, а также геологическая и гидрогеологическая информации выбранного участка работ. Результатом проведения гидродинамического моделирования является: поле распределения гидродинамического напора в пределах выбранного геометрического контура и поле распределения действительной скорости фильтрации (линии тока).

Результаты моделирования представлены на рисунках 1-6.



**Рис. 1.** План расположения сети скважин

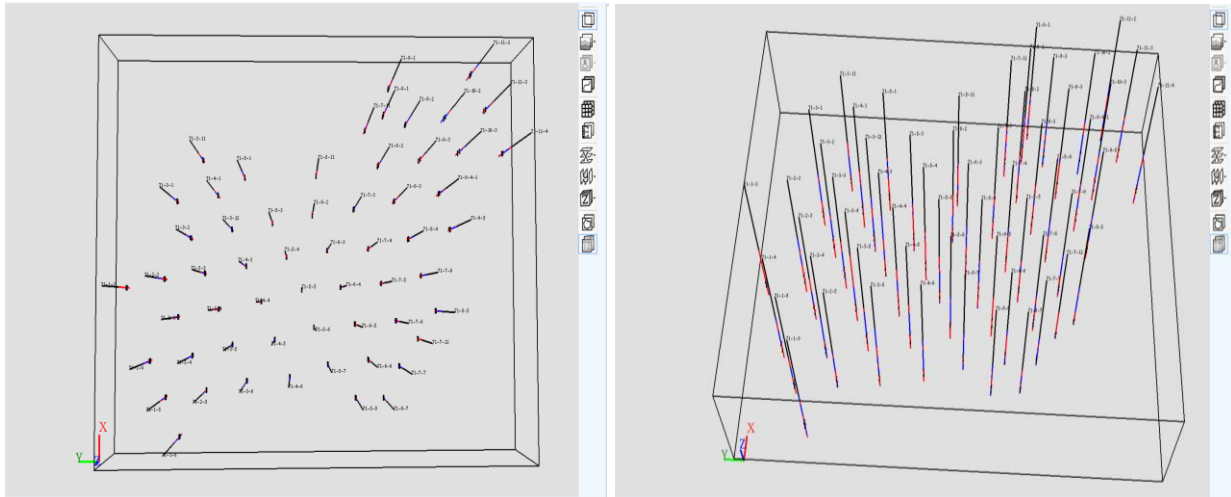


Рис. 2. Схема расположения скважин в 3 D симуляторе

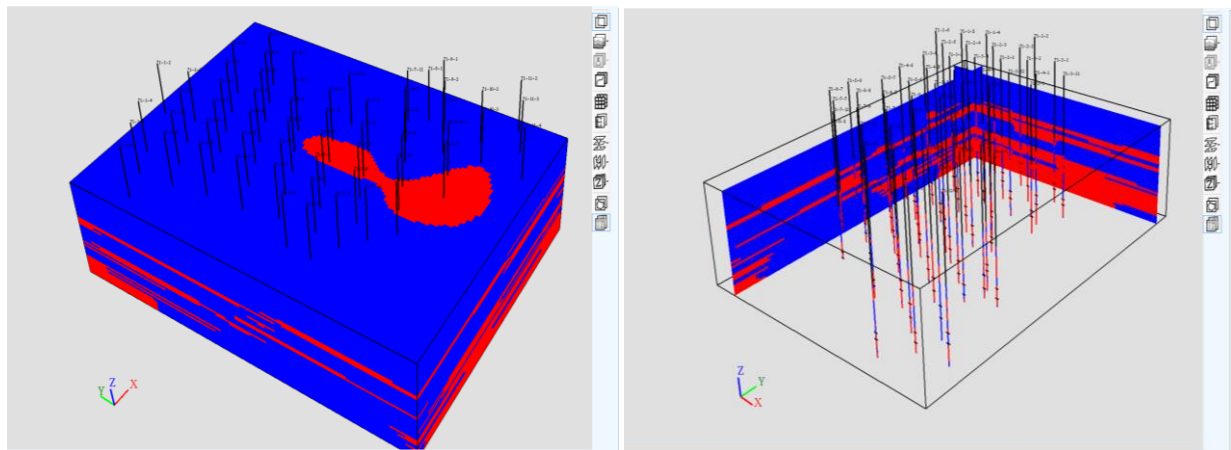


Рис. 3. Геологическая 3 D модель по литологии, синий – непроницаемый, красный проницаемый

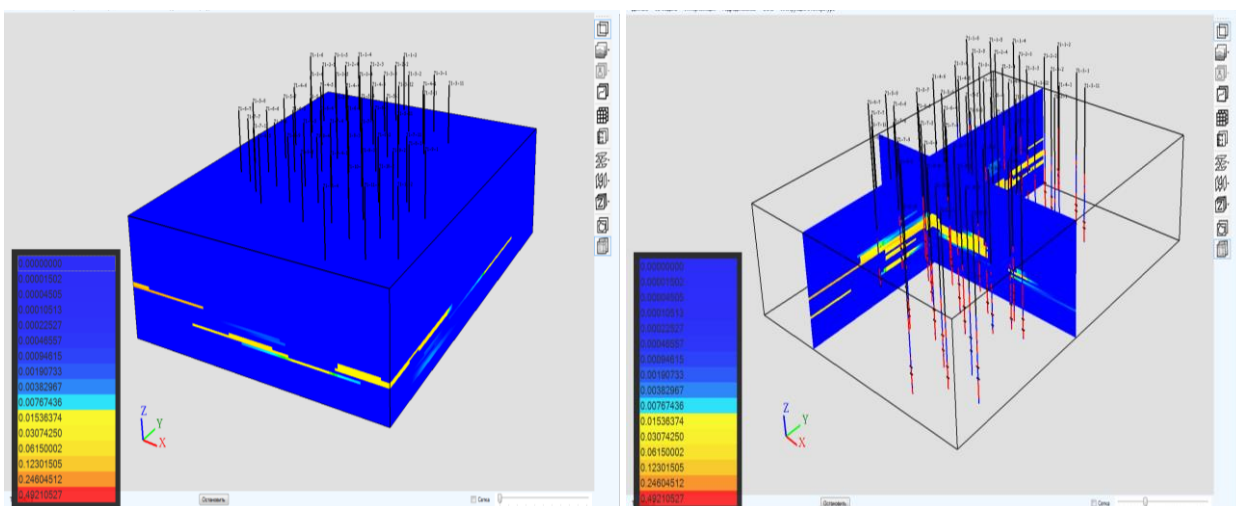


Рис. 4. Геологическая 3 D модель по содержанию урана



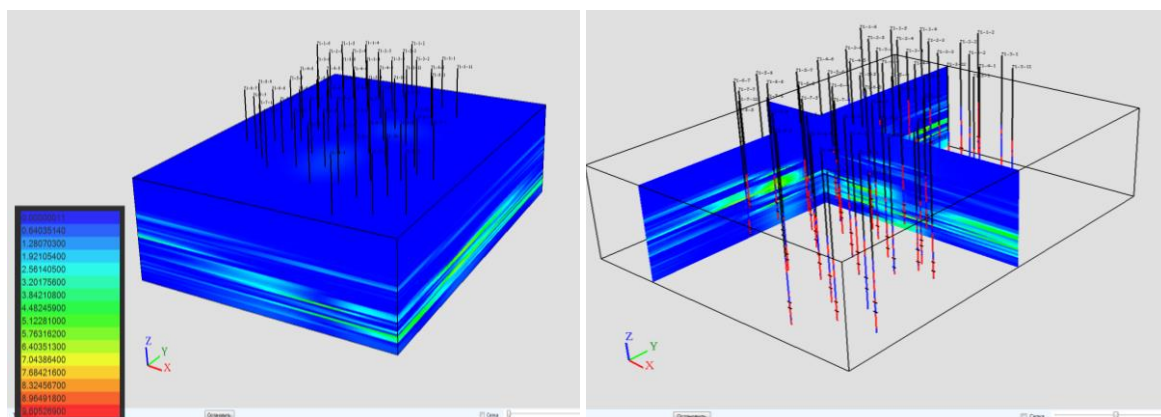


Рис. 5. Геологическая 3 D модель по коэффициентам фильтрации

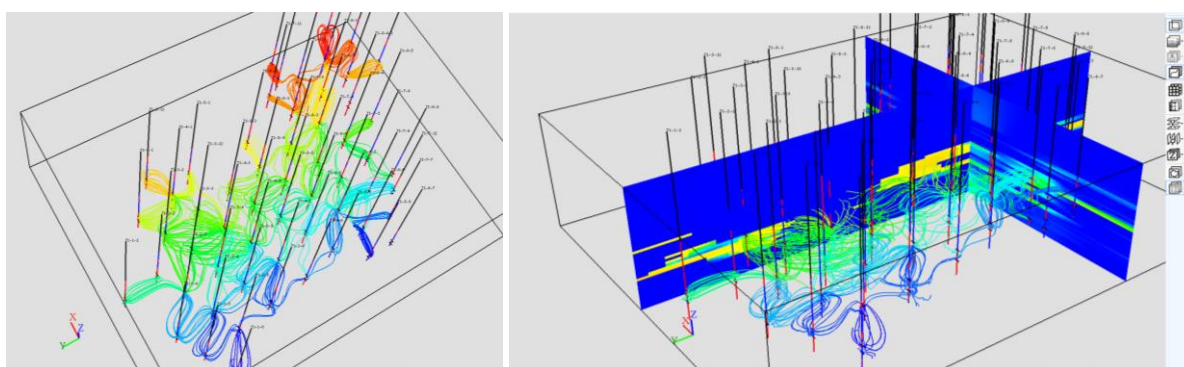


Рис. 6. Линии тока в плане и на фоне срезов по содержанию урана и коэффициента фильтрации

Проведены работы по моделированию гидродинамики процесса добычи урана методом ПСВ с использованием симулятора, позволяющего получить модели потоков технологических растворов для эксплуатационных блоков. По скважинным данным, использование симулятора позволяет определить фильтрационные свойства, геометрическое распределение руды и литологические свойства породы в межскважинном пространстве. Также был произведен расчет распределения давления и линий тока раствора в пласте по заданным на скважинах дебитам и рассчитанным данным по коэффициенту фильтрации. Это позволило определить растекание раствора в пласте, что потенциально позволяет выявить зоны закисления, наряду с застойными зонами.

В дополнение к моделированию в практике часто используется картирование различных параметров и характеристик процесса ПСВ, которые позволяют наглядно интерпретировать результаты и проводить их анализ.

При построении карт осуществляется работа с геопространственной информацией, на основе системы сбора, обработки и анализа пространственных данных, их отображения, хранения, распространения и использования при решении расчетных задач в географическом пространстве, подготовке и принятии решений.

Для процесса ПСВ урана одним из основных показателей является продуктивность пласта, по которой можно судить о содержании урана относительно сети скважин.

Построение карты продуктивности для технологического блока было осуществлено с помощью программы Surfer.



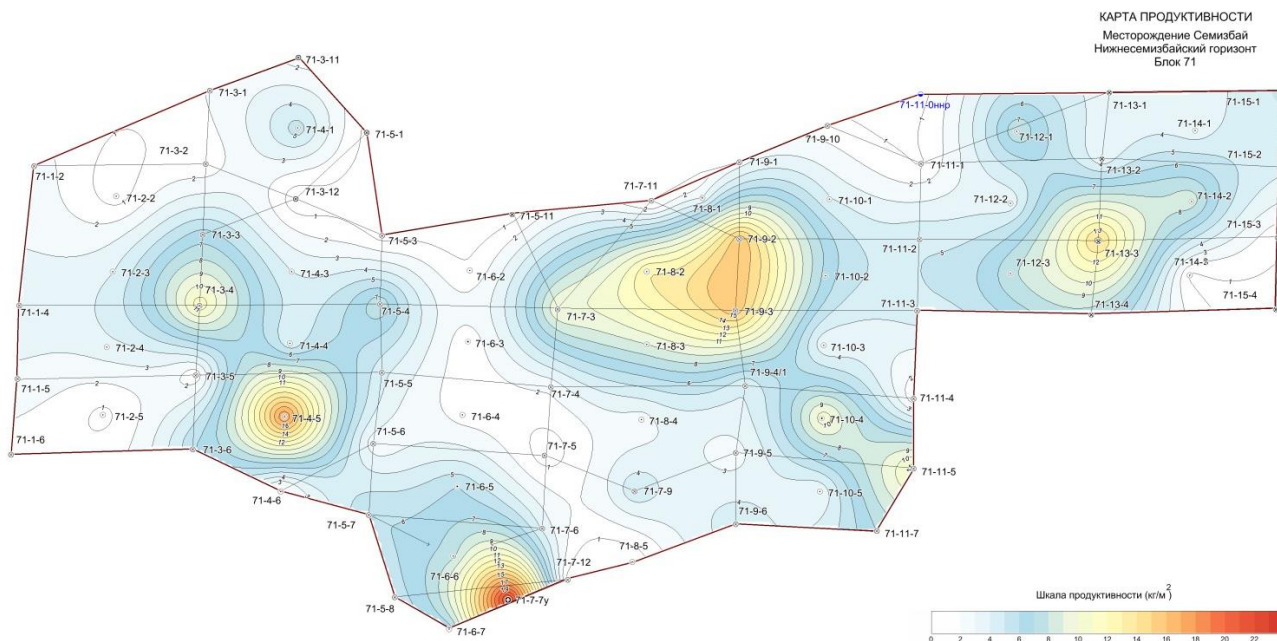


Рис. 7. Распределение продуктивности для технологического блока

Также важным является визуальное отображение результатов расчета различных параметров относительно друг друга. Примером такого картирования могут быть карты, представленные на рисунках 9 и 10, на которых проиллюстрировано распределение рудной и эффективной мощности и распределения коэффициента фильтрации в эффективной мощности.

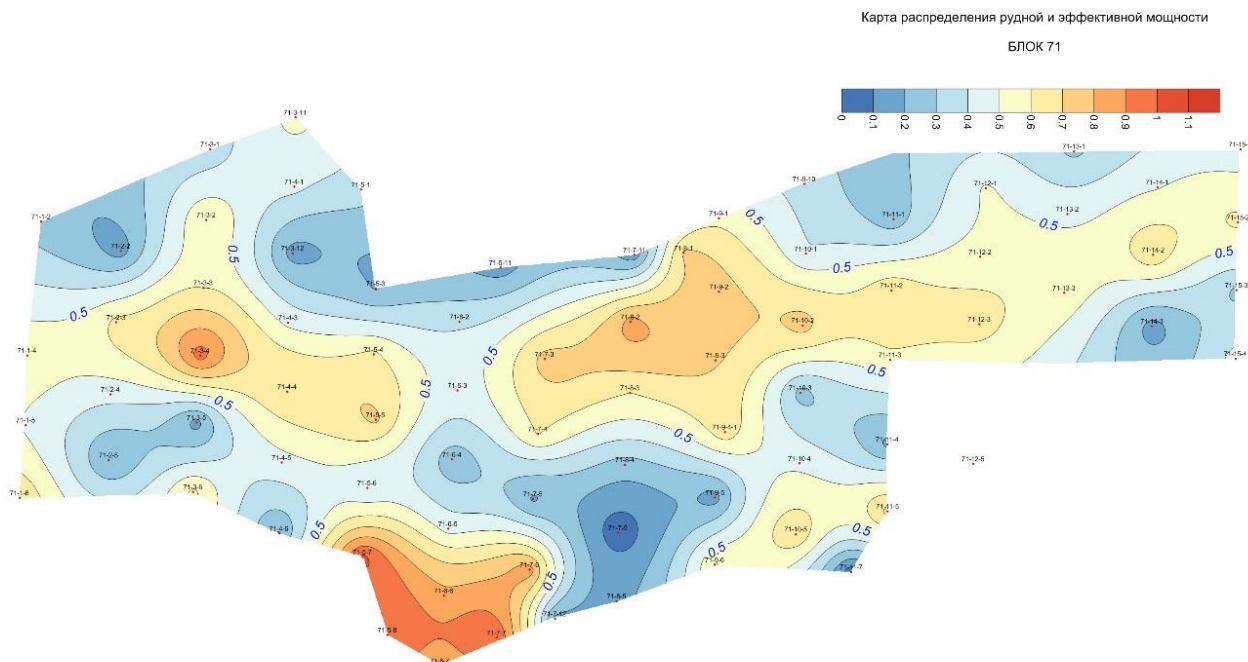


Рис. 8. Карта распределения рудной и эффективной мощности

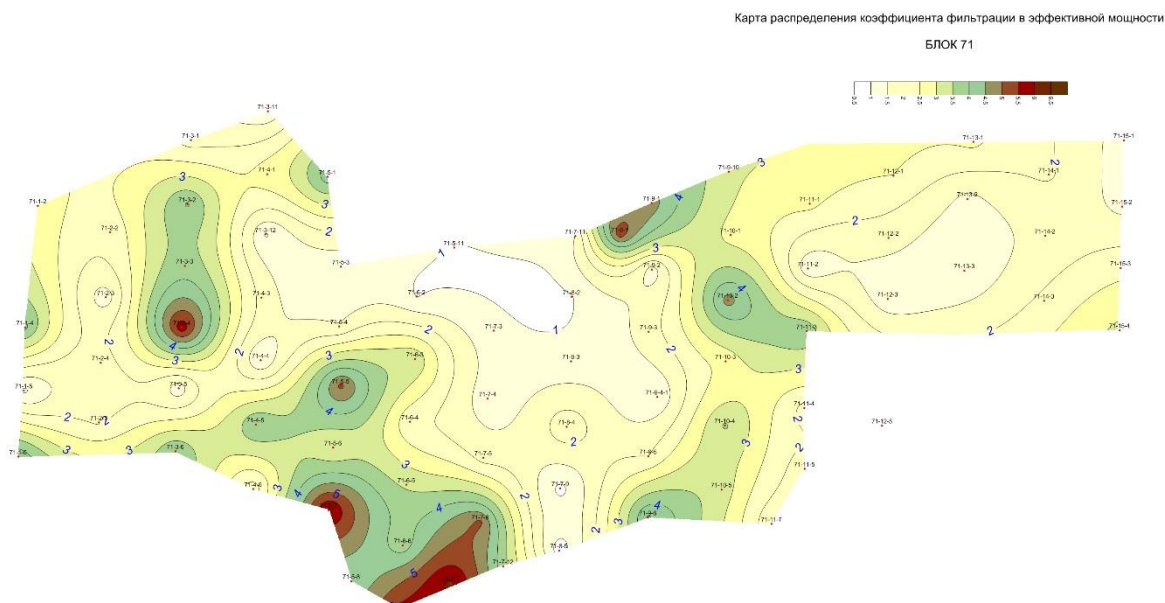


Рис. 9. Карта распределения коэффициента фильтрации в эффективной мощности

Повышение эффективности отработки месторождений урана методом ПСВ на основе комплексного применения карт и моделирования дает возможности для существенного снижения себестоимости добычи и повышения ее качества.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Повелицын В.М. Моделирование процесса подземного выщелачивания урановых месторождений. – М.: Атоимздат, 2007.
- [2] Букаты М.Б. Численное моделирование гидрогеохимических в фильтрационном потоке. /Гидрогеология и инженерная геология. Геоэкология и мониторинг геологической среды. – Томск: Изд-во ТПУ 2001.
- [3] Берлянт А.М. Геоинформационное картографирование. – М.: 1997.

Қалықова Г.М., Светлакова К.Р., Беляев Е.К.

#### Картаға түсіру және модельдеу арқылы уран кен орны блоктарын өндіруді арттыру

**Түйіндемe:** Пайдалы қазбалар кен орнын заманауи өндеудің негізгі мақсаты максималды экономикалық тиімділікпен алынатын қорды толық өндіріп алуға бағытталған. Заң бойынша негізгі бағыттардың бірі өндірістік және өндіру процесін компьютерлік модельдеу болып табылады. Геотехнологиялық процестермен өндірісті дамытуға компьютерлік болжам құру және игеру тәжірибесінің есебі уранды пайдалы қазбалы кен орындарының тиімді игеруге айтарлықтай мүмкіндік береді. Осы бағыттар бойынша нәтижелер күрделі блоктардың жұмысын екі аспектіде жақсартуы тиіс: өндіруге шығынды азайту/ өндірістік емес қышқылдар шығынын жою; технологиялық ерітінділер ағынын оңтайландыру жолымен блоктарды игеруді жылдамдату.

**Түйін сөздер:** уран, жерасты ұңғымалы шаймалау, модельдеу, гидродинамика, өнімділік, сүзу коэффициенті, картаулау, технологиялық блок, күкірт қышқылы.

Kalykova G.M., Svetlakova K.R., Belyaev E.K.

#### Enhancement of uranium deposits blocks by mapping and modeling application

**Summary:** the Main objective of the modern development of mineral resources directed the most complete extraction of recoverable reserves at a maximum economic profitability. One of the key areas is considered as computer modeling of manufacturing and production processes. The experience of mining, and computer forecasting and the development of productive and technical processes, significantly improve the efficiency of mining of uranium mineral deposits. The results in this area must improve problems in two aspects: reduction of costs for mining/acidification by eliminating unproductive losses of acid; acceleration of working off of the block by improving the flow of technological solutions.

**Key words:** Uranium, insitu leaching, modeling, hydrodynamics, productivity, filtration coefficient, mapping, technological block, sulfuric acid.

**А.О. Башеева**

(Евразийский национальный университет им. Л.Н.Гумилева,  
Астана, Республика Казахстан, [basheeva@mail.ru](mailto:basheeva@mail.ru))

## О БАЗИСАХ КВАЗИТОЖДЕСТВ ТОЧЕЧНЫХ АБЕЛЕВЫХ ГРУПП

**Аннотация.** Проблема конечной базисуемости многообразий и квазимногообразий: найти достаточные и, по возможности, необходимые условия конечной базисуемости квазимногообразий (многообразий) алгебраических структур. Целью работы было исследование базисов квазитожеств квазимногообразий точечных Абелевых групп. В данной работе приведено доказательство утверждений о том, что существует континуум квазимногообразий точечных Абелевых групп, которые не имеют независимые базисы квазитожеств, но имеют  $\omega$ -независимый базис квазитожеств, а пересечение их имеет независимый базис.

**Ключевые слова:** квазитожество, квазимногообразия, независимый базис квазитожеств,  $\omega$ -независимый базис квазитожеств, рекурсивные независимые базисы квазитожеств, точечная абелева группа.

### Введение

В работе Г. Биркгофа [1], получена одна из первых теорем о конечной базисуемости в универсальной алгебре, о конечной базисуемости многообразия, определенного тождествами локально конечного многообразия от фиксированного конечного числа переменных. В конце 60-х Б. Йонссон [2,3] связал теорию решеток с теоретико модельными аспектами универсальной алгебры, что послужило толчком в исследовании конечных базисов. Первый, кто показал, как использовать результаты Б.Йонссона для получения результатов по Проблеме конечной аксиоматизируемости был Керби Бэйкер. Позднее А. Тарский [4] озвучил следующую проблему: Существует ли алгоритм, определяющий является ли эквациональная теория конечного множества конечных алгебр конечно аксиоматизируемой? Отрицательное решение этой проблемы показал Р. МакКензи [5]. Именно эти работы определили современное направление исследований конечных базисов тождеств и квазитожеств. Вопрос о существовании независимого базиса квазитожеств для алгебраических систем, не имеющих конечного базиса квазитожеств, был поднят в работах [4,6]. Недавно в работе [7] было найдено общее достаточное условие для существования континуума квазимногообразий не имеющих конечного базиса квазитожеств, но имеющих  $\omega$ -независимый базис квазитожеств. Здесь мы приводим прямое доказательство этого факта для точечных абелевых групп, и приводим полное доказательство некоторых результатов приведенных в работах [8,9].

### Определения и вспомогательные результаты

В этом параграфе мы напомним и приведем основные и некоторые необходимые определения. Другие определения, не вошедшие в работу можно найти в [10]. Мы будем обозначать алгебраические системы рукописными буквами, а их носители – соответствующими курсивными.

**Определение 1.** Предложение  $\phi$  сигнатуры  $\sigma$  называется *квазитожеством*, если оно логически эквивалентно предложению вида

$$\forall x_1 \dots x_n \ \&_{i < k} p_i(x_1, \dots, x_n) \approx q_i(x_1, \dots, x_n) \rightarrow p(x_1, \dots, x_n) \approx q(x_1, \dots, x_n)$$

для некоторых термов  $p_i(x_1, \dots, x_n)$ ,  $q_i(x_1, \dots, x_n)$ , ...,  $p_k(x_1, \dots, x_n)$ ,  $q_k(x_1, \dots, x_n)$  и  $p(x_1, \dots, x_n)$ ,  $q(x_1, \dots, x_n)$  сигнатуры  $\sigma$ .

Другими словами,  $\phi$  квазитожество, если  $\phi$  универсальное хорново предложение с непустой позитивной частью.

**Определение 2.** Класс алгебр  $\mathbf{K}$  называется *квазимногообразием*, если существует множество квазитожеств  $\Phi$  такое, что класс  $\mathbf{K}$  совпадает с множеством всех алгебр на которых истинны все квазитожества из  $\Phi$ , т.е.  $\mathbf{K} = \text{Mod}(\Phi) = \{A : A \models \Phi\}$ .

Другими словами, класс алгебраических систем аксиоматизируемый с помощью совокупности квазитожеств называется квазимногообразием.

Множество всех подквазимногообразий квазимногообразия  $\mathbf{K}$  образует решетку по включению, которая называется решеткой квазимногообразий  $\mathbf{K}$  и обозначается  $Lq(\mathbf{K})$ .

**Определение 3.** Пусть  $\mathbf{K}_\sigma$  - класс алгебраических структур сигнатуры  $\sigma$  и  $\mathbf{K} \subseteq \mathbf{K}_\sigma$  квазимногообразие этой же сигнатуры. Множество квазитожеств  $\Phi$  такое, что  $\mathbf{K} = \text{Mod}(\Phi) \cap \mathbf{K}_\sigma$  называется *базисом квазитожеств* квазимногообразия  $\mathbf{K}$  относительно класса  $\mathbf{K}_\sigma$ .

**Определение 4.** Базис квазитожеств  $\Phi$  квазимногообразия  $K$  называется *независимым* относительно класса  $K_0$ , если  $K \neq \text{Mod}(\Phi \setminus \varphi) \cap K_0$  для любого  $\varphi \in \Phi$ .

Другими словами, базис квазитожеств  $\Phi$  класса  $K$  относительно класса  $K_0$  является независимым, если для любого  $\varphi \in \Phi$  существует алгебраическая система  $\mathcal{A} \in K_0$  такая что  $\mathcal{A} \models \Phi \setminus \{\varphi\}$  и  $\mathcal{A} \models \neg\varphi$ .

**Определение 5.** Базис квазитожеств  $\Phi$  квазимногообразия  $K$  называется  $\omega$ -*независимым* относительно класса  $K_0$ , если существует разбиение  $\Phi = \bigcup_{n \in N} \Phi_n$ , где  $\Phi_n \cap \Phi_m = \emptyset$  для любых различных  $n, m \in N$  и  $K \neq \text{Mod}(\Phi \cap \Phi_n) \cap K_0$  для любого  $n \in N$ .

Другими словами, базис квазитожеств  $\Phi$  класса  $K$  относительно класса  $K_0$  является  $\omega$ -независимым, если для любого  $n \in N$  существует алгебраическая система  $\mathcal{A}_n \in K_0$  такая что  $\mathcal{A}_n \models \Phi_m$  для любого  $m \neq n$  и  $\mathcal{A}_n \models \neg\varphi$  для некоторого  $\varphi \in \Phi_n$ . Здесь и далее  $N$  обозначает множество натуральных чисел.

Для произвольного класса  $K$  пусть  $Q(K)$  обозначает наименьшее квазимногообразие, содержащее класс  $K$  (порожденное классом  $K$ ). В дальнейшем считаем, что все рассматриваемые классы *абстрактные*, т. е. замкнутые относительно изоморфизма.

**Определение 6.** Пусть  $\mathcal{G}$  и  $\mathcal{H}$  — алгебраические системы сигнатуры  $\sigma$ . Отображение  $\alpha: G \rightarrow H$  называется *гомоморфизмом* из  $\mathcal{G}$  в  $\mathcal{H}$ , если

(а) для любой  $n$ -местной операции  $f \in \sigma$  и любых элементов  $x_0, \dots, x_{n-1} \in G$  выполняется равенство

$$\alpha(f(x_0, \dots, x_{n-1})) = f(\alpha(x_0), \dots, \alpha(x_{n-1})),$$

(б) для любого  $m$ -местного отношения  $r \in \sigma$  и любых элементов  $x_0, \dots, x_{m-1} \in G$  выполняется импликация

$$(x_0, \dots, x_{m-1}) \in r \Rightarrow r(\alpha(x_0), \dots, \alpha(x_{m-1})).$$

Если существует гомоморфизм из  $\mathcal{G}$  в  $\mathcal{H}$ , то пишем  $\mathcal{G} \rightarrow \mathcal{H}$ .

Основным критерием отсутствия независимого базиса квазитожеств данного квазимногообразия является следующая лемма, доказанная в [11, стр. 319].

**Лемма 1.** Пусть  $K$  - произвольное квазимногообразие и  $K_0$  его собственное под-квазимногообразие. Если  $K_0$  имеет бесконечный независимый базис квазитожеств относительно  $K$ , то для любого квазимногообразия  $K_1 \in Lq(K)$ , содержащего  $K_0$  и конечно аксиоматизируемого относительно  $K$ , число покрытий  $K_0$  в  $Lq(K_1)$  бесконечно.

**Определение 7.** Точечная абелева группа — это алгебра  $\mathcal{A} = \langle A; +, -, 0, 1 \rangle$ , где редукт  $\langle A; +, -, 0 \rangle$  - является абелевой группой, а  $1$  - константа.

Пусть  $\mathbf{A}$  обозначает многообразие точечных абелевых групп. Для любого  $a \in A$  пусть  $0 \cdot a = 0$  и  $(i + 1) \cdot a = i \cdot a + a$  для  $i \geq 0$ . Система, определенная в  $\mathbf{A}$  пустым множеством порождающих и определяющим соотношением  $n \cdot 1 = 0$ , называется *циклом* длины  $n$  и обозначается  $\mathcal{A}_n$ .

### Основные результаты

Пусть  $\mathbb{P}$  - множество всех простых чисел,  $P_{fin}(\mathbb{P})$  множество конечных подмножеств множества  $\mathbb{P}$ . Для любого  $F \in P_{fin}(\mathbb{P})$  положим, что  $[F]$  обозначает произведение всех простых чисел из  $F$ . И пусть  $I \subseteq \mathbb{P}$ . Через  $\varphi_I^1$  обозначим квазитожество

$$[F] \cdot 1 = 0 \rightarrow [F \cap I] \cdot 1 = 0$$

Пусть  $\Phi_I = \{\varphi_F^1 | F \in P_{fin}(\mathbb{P})\}$ , а  $\mathbf{A}_I$  — квазимногообразие, определенное в  $\mathbf{A}$  множеством

квазитожеств  $\Phi_I$ .



**Лемма 2.** Для любого  $F \in P_{fin}(\mathbb{P})$ ,  $\mathcal{A}_F \in \mathbf{A}_I$  тогда и только тогда когда  $F \subseteq I$ .

*Доказательство.* Пусть  $\mathcal{A}_{[F]} \in \mathbf{A}_I$ . Тогда  $\mathcal{A}_{[F]} \models \varphi_F^I$ , следовательно, если в  $\mathcal{A}_{[F]}$  истинно  $[F] \cdot 1 = 0$ , то  $[F \cap I]I = 0$ . Это возможно только когда  $[F]$  делит  $[F \cap I]$ , т.е.  $F \subseteq F \cap I \subseteq I$ . Обратно очевидно.

Зафиксируем бесконечное собственное подмножество  $I \subseteq \mathbb{P}$  такое, что его дополнение  $\mathbb{P} \setminus I$  также бесконечно. Для каждого  $F \in P_{fin}(\mathbb{P})$  и  $p \notin F$  пусть  $\psi_F^I$  обозначает квазитождество

$$[F \cup \{p\}] \cdot 1 = 0 \rightarrow [F] \cdot 1 = 0.$$

Пусть  $\Psi_p = \{\psi_F^I \mid F \in P_{fin}(\mathbb{P}), p \notin F\}$  и  $\Psi_I = \bigcup_{p \in \mathbb{P} \setminus I} \Psi_p$ . Обозначим через  $\mathbf{A}'_I$  квазимногообразие, определенное в  $\mathbf{A}$  множеством квазитождеств  $\Psi_I$ .

Для полноты изложения приведем доказательство следующей теоремы приведенной в работе [6, стр. 260].

**Теорема 1.** Для любого бесконечного собственного подмножества  $I \subseteq \mathbb{P}$  квазимногообразия  $\mathbf{A}_I$  не имеет независимого базиса квазитождеств.

*Доказательство.* По лемме 1 достаточно показать, что для  $\mathbf{A}_I$  не существует покрытий в решетке квазимногообразий класса  $\mathbf{A}$ .

Допустим в  $\mathbf{A}_I$  существует покрытие  $\mathbf{B}$  и пусть  $\mathcal{A} \in \mathbf{B} \setminus \mathbf{A}_I$ . Это значит, что существует квазитождество  $\varphi_F^I$  лежащее в  $\Psi_I$ , которое ложно в  $\mathcal{A}$ , то есть,  $\mathcal{A} \models \neg \varphi_F^I$ . Следовательно, существует элемент  $p \in \mathcal{A}$  такой, что  $[F \cup \{p\}] \cdot 1 = 0$ , но  $[F] \cdot 1 \neq 0$ . Согласно лемме 2 получим, что существует цикл  $\mathcal{A}_r \leq \mathcal{A}$  причем  $r$  делит  $[F \cup \{p\}]$ , где  $F, I \geq 1$ . Пусть  $\mathbf{B}' = \mathbf{B} \cap \text{Mod}(\varphi_F^I)$ . Получаем  $\mathbf{A}_I \models \varphi_F^I$  и  $\mathcal{A}_r \models \neg \varphi_F^I$ . Следовательно  $\mathbf{A}_I \subseteq \mathbf{B}' \subset \mathbf{B}$ . Так как  $\mathbf{B}$  покрывает  $\mathbf{A}_I$ , то  $\mathbf{A}_I = \mathbf{B}'$ . Пусть  $j \in \mathbb{P} \setminus I$  такое, что  $r$  не делится на  $j$ . Следовательно  $\mathcal{A}_j \in \mathbf{A}_I$  и  $\mathcal{A}_{rj} \leq \mathcal{A}_r \times \mathcal{A}_j$ . Откуда получаем, что  $\mathcal{A}_{rj} \in \mathbf{B}$ .  $\mathcal{A}_{rj} \models \varphi_F^I$ , так как  $rj$  не делит  $[F \cup \{p\}] = r$ . Приходим к противоречию, что  $\mathcal{A}_{rj} \in \mathbf{A}_I$ , так как  $rj$  делится на  $[F]$ . Следовательно  $\mathbf{A}_I$  не имеет покрытия в  $\text{Lq}(\mathbf{A})$ , т.е. не имеет независимого базиса квазитождеств.

**Теорема 2.** Существует  $2^{\aleph_0}$  квазимногообразий точечных абелевых групп, не имеющих независимого базиса квазитождеств, но имеющих  $\omega$ -независимый базис квазитождеств.

*Доказательство.* Проверим, что квазимногообразия  $\mathbf{A}'_I$  являются искомыми. Сначала установим, что  $\mathbf{A}_I = \mathbf{A}'_I$  для любого бесконечного подмножества  $I \subseteq \mathbb{P}$ , такого что множество  $\mathbb{P} \setminus I$  также бесконечно.

Действительно, пусть  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}_I$ , то есть  $\mathcal{A} \models \Phi_I$ . Рассмотрим квазитождество  $\psi_F^p = \psi_I$ . Пусть для некоторых элементов  $a_1, \dots, a_{[F]} \in \mathcal{A}$  выполняется посылка этого квазитождества. Так как  $p \notin I$ , имеем  $(F \cup \{p\}) \cap I = F \cap I \subseteq F$ . В частности, число  $m = [(F \cup \{p\}) \cap I]$  делит число  $[F]$ . В силу выполнимости на  $\mathcal{A}$  квазитождества  $\varphi_F^I$  получаем  $a_1 = a_{[F \cap I] + 1}$ . Следовательно,  $a_1 = a_{[F] + 1}$ , то есть выполняется заключение квазитождества  $\psi_F^p$ . Таким образом,  $\mathcal{A} \models \psi_I$ , поэтому  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}'_I$ .

Обратно, пусть  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}'_I$ , то есть  $\mathcal{A} \models \Psi_I$ . Рассмотрим квазитождество  $\varphi^I_F$ . Пусть для некоторых  $a_1, \dots, a_{[F]} \in A$  выполняется посылка этого квазитождества. Если  $F \subseteq I$ , то  $F \cap I = F$  и заключение  $\varphi^I_F$  также выполняется. В противном случае  $F \setminus I \neq \emptyset$ . Пусть  $F \setminus I = \{p_0, \dots, p_k\}$ ,  $A_0 = F$  и пусть  $G_{i+1} = G_i \setminus \{p_i\}$  где  $0 \leq i \leq k$ . Тогда  $A_{k+1} = F \cap I$ . Так как  $a_{[F]+1} = a_1$ , в  $\mathcal{A}$  выполняется посылка квазитождества  $\psi^{p_0}_{\mathcal{A}_0}$ . Для  $0 \leq i \leq k$  квазитождество  $\psi^{p_i}_{\mathcal{A}_i}$  принадлежит  $\Psi_I$ , так как  $p_i \in I$ . Ясно, что заключение квазитождества  $\psi^{p_i}_{\mathcal{A}_i}$  совпадает с первой формулой посылки квазитождества  $\psi^{p_{i+1}}_{\mathcal{A}_{i+1}}$ . Следовательно, в  $\mathcal{A}$  выполняется равенство  $a_{[A_{k+1}]+1} = a_1$ , а тем самым и заключение квазитождества  $\varphi^I_F$ . Таким образом,  $\mathcal{A} \in \Phi_I$ , поэтому  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}_I$ .

В силу теоремы 1 существует  $2^\omega$  различных квазимногообразий вида  $\mathbf{A}'_I$ , не имеющих независимого базиса квазитождеств. Покажем, что для каждого из них множество квазитождеств  $\Psi_I = \bigcup_{p \in P \setminus I} \Psi_p$  является  $\omega$ -независимым базисом квазитождеств.

Для каждого  $p \in P \setminus I$  покажем, что цикл  $\mathcal{A}_p$  удовлетворяет всем квазитождествам из  $\Psi_I = \Psi_p$ . Действительно, пусть  $q \in P \setminus I$ ,  $q \neq p$ ,  $F \in P_{fin}(P)$  и  $q \in F$ . Предположим, что в  $\mathcal{A}_p$  выполняется посылка квазитождества  $\psi^q_F$ . Тогда существует гомоморфизм из  $\mathcal{A}_{[F \cup \{q\}]}$  в  $\mathcal{A}_p$ . По лемме 1 из [10], получаем, что число  $[F \cup \{q\}]$  делится на  $p$ . Так как  $p \neq q$ , имеем  $p \in F$ , то есть  $p$  делит  $[F]$ . Следовательно, в  $\mathcal{A}_p$  выполняется заключение квазитождества  $\psi^q_F$ .

Так как  $\mathcal{A}_p$  не удовлетворяет квазитождеству  $\psi^p_\emptyset \in \Psi_p$ , базис  $\Psi_I$  является искомым.

Рассмотрим квазимногообразие  $\mathbf{A}'$ , являющееся пересечением всех квазимногообразий вида  $\mathbf{A}_I$ , где  $I$  пробегает множество всех бесконечных собственных подмножеств в  $P$ . Базис этого квазимногообразия состоит из квазитождеств  $\varphi^I_F$ , где  $I$  пробегает множество бесконечных собственных подмножеств множества  $P$  простых чисел, а  $F$  — множество всех конечных подмножеств множества  $P$ . Нетрудно проверить, что  $\mathbf{A}'$  состоит из точечных абелевых групп из  $\mathbf{A}$ , в которые не вложим ни один из циклов  $\mathcal{A}_p$ , где  $n > 1$ . Таким образом, в силу теоремы 11 и леммы 9 базисами квазитождеств для  $\mathbf{A}'$  относительно  $\mathbf{A}$  являются множества  $\bigcup_I \Phi_I$  соответственно.

**Лемма 3.**  $\mathbf{A}' = \bigcap \{\mathbf{A}'_I \mid I \subseteq P, |I| = |P \setminus I| = \omega\}$ . Более того,  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}'$  тогда и только тогда, когда  $\mathcal{A}$  не содержит конечных циклов  $\mathcal{A}_F$ , где  $F \neq \emptyset$ .

Отметим что базисы  $\Phi_I$  не являются независимыми. Тем не менее справедливо следующее утверждение.

**Теорема 3.** Квазимногообразие  $\mathbf{A}'$  имеет бесконечный рекурсивный независимый базис квазитождеств.

*Доказательство.* Пусть  $p_0 < p_1 < \dots < p_n < \dots$  — упорядочение множества  $P$  по возрастанию.

Пусть  $F_{-1} = \emptyset$  и пусть  $F_n = \{p_k \in \mathbb{P} | k \leq n\}$  для любого  $n \in \mathbb{N}$ . Для каждого  $n \in \mathbb{N}$  обозначим через  $\xi_n$  квазитождество

$$[F_n] \cdot 1 = 0 \rightarrow [F_{n-1}] \cdot 1 = 0.$$

Покажем, что  $\Sigma = \{\xi_n | n \in \mathbb{N}\}$  является независимым базисом квазитождеств для  $\mathbf{A}'$ .

По лемме 2 для любой системы  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}'$  существует не пустое конечное множество  $F \subseteq P$ , такое что  $\mathcal{A}_{[F]}$  вложима в  $\mathcal{A}$ . Рассмотрим максимальное  $n \in \mathbb{N}$  такое, что  $p_n \in F$ . Тогда  $\mathcal{A}_{[F]}$  (и следовательно  $\mathcal{A}$ ) не удовлетворяет квазитождеству  $\xi_n$ . С другой стороны, если  $n \in \mathbb{N}$  и посылка квазитождества  $\xi_n$  содержится в точечной абелевой группе  $\mathcal{A} \in \mathbf{A}'$ , тогда существует гомоморфизм из  $\mathcal{A}_{[F_n]}$  в  $\mathcal{A}$ . Если образ этого гомоморфизма изоморфен  $\mathcal{A}_0$  или  $\mathcal{A}_1$ , тогда заключение квазитождества  $\xi_n$  содержится в  $\mathcal{A}$ . В противном случае цикл  $\mathcal{A}_G$ , где  $\emptyset \neq G \subseteq F_n$  содержится в  $\mathcal{A}$ . По лемме 3 это невозможно, однако  $\mathcal{A}$  удовлетворяет квазитождеству  $\xi_n$ . Следовательно множество  $\Sigma$  является базисом квазитождеств для  $\mathbf{A}'$ . Так как множество  $\{([F_n], [F_{n-1}]) | n \geq 0\}$  вычислимо, то этот базис является рекурсивным.

Покажем, что базис  $\Sigma$  является независимым в  $\mathbf{A}$ . Для этого достаточно установить, что для любого  $n \in \mathbb{N}$  цикл  $\mathcal{A}_{[F_n]}$  удовлетворяет всем квазитождествам  $\xi_m$ , где  $m \neq n$ . Если  $m < n$ , то посылка квазитождества  $\xi_m$  выполняется на некотором элементе  $a \in \mathcal{A}_{[F_n]}$  тогда и только тогда, когда подсистема  $\mathcal{A}_{[F_m]}$ , порожденная этим элементом изоморфна  $\mathcal{A}_0$  или  $\mathcal{A}_1$ . В этом случае, заключение  $\xi_m$  содержит  $a \in \mathcal{A}_{[F_m]}$ . Если же  $m > n$  тогда  $F_n \subseteq F_{m-1}$ . Поэтому заключение квазитождества  $\xi_m$  выполняется для любого элемента  $a \in \mathcal{A}_{[F_n]}$ . Таким образом, если  $m \neq n$ , тогда  $\mathcal{A}_{[F_n]} \models \xi_m$ , так как  $\mathcal{A}_{[F_n]}$  содержит цикл длины меньше чем  $[F_n]$ , то  $\mathcal{A}_{[F_n]} \not\models \xi_n$  требовалось доказать.

В заключение автор выражает глубокую признательность своим научным консультантам А. М. Нуракунову и М. В. Швидефски за постановку задач и всестороннюю поддержку, а так же А. В. Кравченко за внимание к работе и полезные советы.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Birkhoff G. On the structure of abstract algebras. // Proc Cambridge Philos. Soc. – 1935. – vol.31 – pp.433–454.
- [2] J onsson B. Algebras whose congruence lattices are distributive. // Mathematica Scandinavica – 1967. – vol.21 – pp.110–121.
- [3] J onsson B. Equational classes of lattices. // Mathematica Scandinavica – 1968. – vol.22 – pp.187–196.
- [4] Tarski A. Equational logic and equational theories of algebras // Contrib. Math. Logic. – 1966. – vol.8. – pp.275-288.
- [5] McKenzie R. Tarski's finite basis problem is undecidable. //international Journal of Algebra and Computation – 1996. – vol.6 – pp.49–104.
- [6] Maltsev A.I. Universally axiomatizable subclasses of locally finite classes of models. //Siberian Math. J. – 1967. – vol.8 – pp.764–770.
- [7] Kravchenko A. V., Nurakunov A. M., Schwidefsky M. V., On quasi-equational bases of differential groupoids and unary algebras. - submitted for publication in 2017.
- [8] Basheyeva A., Nurakunov A., Schwidefsky M., Zamojska-Dzienio A. Lattices of subclasses. III. – Siberian Electronic Math. Reports. – 2017. – vol.14. – pp. 252-263.



- [9] Башеева А. О., Яковлев А.В. Об  $\omega$ -независимый базис квазигождеств. – Сиб. Электр. Матем. Известия. – 2017. – vol.14. – pp. 838-847.
- [10] Gorbunov, V.A. Algebraic Theory of Quasivarieties. New York, Plenum, 1998.
- [11] Gorbunov V.A. Covers in lattices of quasivarieties and independent axiomatizability. //Algebra and Logic — 1977. — vol.16. №5. — pp.340–369.

Башеева А.О.

### **Нүктелі абельдік группалардың тәуелсіз базистері туралы**

**Түйіндеме.** Ақырлы базистену көпбейнелердің және квазикөпбейнелердің проблемасы: Алгебралық құрылымдардың квазикөпбейнелердің (көпбейнелердің) ақырлы базистенуінің жеткілікті және мүмкіндігінше қажетті шарттарын табу. Бұл жұмыстың мақсаты нүктелі Абельдік группалардың квазитенбетендіктерінің квазикөпбейнелерің зерттеу болып табылады. Бұл мақалада нүктелі Абельдік группалар квазитенбетендіктерінің  $\omega$ -тәуелсіз базистері бар, бірақ тәуелсіз базисті квазитенбетендіктері жоқ квазикөпбейнелер континуумы бар екендігі келтірілген, ал олардың қилусуының тәуелсіз базисі табылған.

**Кілтті сөздер:** квазитенбетендіктер, квазикөпбейнелер, квазитенбетендіктердің базистері, квазитенбетендіктердің тәуелсіз базистері, нүктелі Абельдік группа.

Basheeva A.O.

### **About independent quasi-equational basis of pointed Abelian group**

**Summary.** Problem of a final basis of varieties and quasivarieties: to find sufficient and, whenever possible, necessary conditions of a final basis of quasivarieties (varieties) of algebraic structures. The purposes of the work was research of quasi-equational basis of quasivarieties of pointed Abelian groups. There was proof of the theorem about there are continuum of quasivariety of pointed Abelian groups with  $w$ -independent quasi-equational basis, but without independent quasi-equational basis and crossing of them has independent basis.

**Key words:** quasiidentity, quasivariety, quasi-equational basis, independent quasi-equational basis, pointed Abelian group.

УДК:539.23:548.12

**Р.Р. Немкаева, Н.Р. Гусейнов, М.М. Мырзабекова, М.Т. Габдуллин**  
(Национальная Нанолaborатория, Казахский национальный Университет,  
Алматы, Республика Казахстан,  
e-mail: [markizat.myrzabekova@gmail.com](mailto:markizat.myrzabekova@gmail.com))

## **ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТА И ОБЛУЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Графен как перспективный материал для будущих технологий вызывает огромный интерес. Однако до сих пор не отработаны быстрые и продуктивные методы его получения. В данной статье предложено получение графена в больших количествах восстановлением оксида графена. Технология получения графена путем восстановления оксида графена с точки зрения масштабируемости материала является самой выгодной с учётом толщины в нанодиапазоне и площади получаемых частиц. Были проведены эксперименты по восстановлению оксида графена под действием УФ-лучей и исследованы структурные характеристики посредством Рамановской спектроскопии, что подтверждает восстановление структуры графена. Представлены результаты облучения оксида графена энергией 15 кэВ с целью восстановления электрических свойств, что позволяет создавать схемы с заданной электропроводностью. Основным механизмом восстановления в результате воздействия электронного пучка является процесс радиолиза.

**Ключевые слова:** оксид графена, графен, восстановленный оксид графена, радиационная модификация, облучение электронами, Рамановская спектроскопия.

### **1 Введение**

В настоящее время известно о физических, уникальных характеристиках углеродных наноматериалов, таких как удельное электрическое сопротивление графена (~1 мкОм·см, что на 35% меньше, чем у меди), коэффициент теплопроводности углеродных нанотрубок ( $\approx 3000$  Вт/м·К против алюминия в 230 Вт/м·К), значение модуля Юнга графена (1000 ГПа в сравнении с 210 ГПа стали), кинетическая устойчивость фуллерена вплоть до 1200 К [1]. Это связано с тем, что в существующей концепции углеродные наноматериалы нашли применение в лице конденсаторов, солнечных панелей,

гибких дисплеев, электромобилей. Главным преимуществом графена, углеродных нанотрубок, фуллеренов в этой области является доступность – углерод один из самых распространенных материалов, встречающихся на Земле, низкая стоимость, простая технология синтеза, эффективность. Графен с длиной связи С-С 1,42 Å является самой простой строительной основой посредством концептуальной прокатки или искажения для образования других углеродных наноматериалов – фуллерена, одностенных углеродных нанотрубок (ОУНТ) и многостенных углеродных нанотрубок (МУНТ). Как следствие, графен стал универсальной платформой для новых исследований материалов и устройств и находит свое применение почти в каждом аспекте научного мира, в том числе в качестве электродов, химических сенсоров, высокочастотных устройств, оптоэлектронных датчиках, альтернативных источниках энергии, а также биосистемах [2, 3]. В то же время, исследователи из различных дисциплин, раздвигают границы применения этих материалов путем разработки инновационных методов функционализации, легирования и облучения. Это приводит к принципиально новым научным и инженерным направлениям.

Графен является уникальным материалом благодаря необычайно сильной ковалентной  $\sigma$  связи между атомами углерода. Применение графена актуально в области электроники в связи с вытянутыми  $\pi$  электронными облаками благодаря высокой проводимости, в качестве электродов. Простота  $sp^2$  наногуглеродных систем, которые являются системы, образованные только из одного типа атома в периодическую гексагональную структуру дают возможность моделировать и функционализировать структуру для получения новых аллотропов. Одним из таких родственных материалов является оксид графена. Таким образом, научное сообщество продолжает находить и использовать новые низкоразмерные графитовые аллотропы углерода с исторически беспрецедентной скоростью [4, 5]. Как известно, графен получают разными методами, но каждый из них имеет свои недостатки. Существует следующие несколько методов получения графена: механическое отщепление, химический пилинг, химическое осаждение из паровой фазы CVD, синтез на карбиде кремния. Однако известные существующие методы получения графена не являются универсальными методами синтеза. К примеру, метод CVD – осаждение из газовой фазы - является высокочастотным методом получения графена. Всем известный метод микромеханического отщепления клейкой ленты, предложенный нобелевскими лауреатами Геймом и Новоселовым, получать графен трудоёмко в больших количествах [6]. В данной статье предлагается получение графена путем восстановления оксида графена с целью дальнейшего улучшения структурных и электрических характеристик исходного материала. Этот метод является одним из самых эффективных способов получения синтезированного графена в больших масштабах. Преимуществом получения графена из оксида графена является то, что этот способ более дешевый, простой, более эффективный, который может быть расширен массово по сравнению с существующими методами, и финансово подходит для промышленных или коммерческих приложений.

По восстановлению оксида графена существует множество работ, например оксид графена восстанавливают с помощью гидразина, восстановление напряжением, химическое восстановление с высокими температурами [7]. Все эти методы являются трудно воспроизводимыми и токсичными технологиями. Мы в свою очередь предлагаем безопасный, нетоксичный способ восстановления с помощью ультрафиолета и электронного облучения. Преимуществом этого метода является локальная обработка с различной степенью изменения дозы облучения, что позволяет формировать области с заданной проводимостью и размерами.

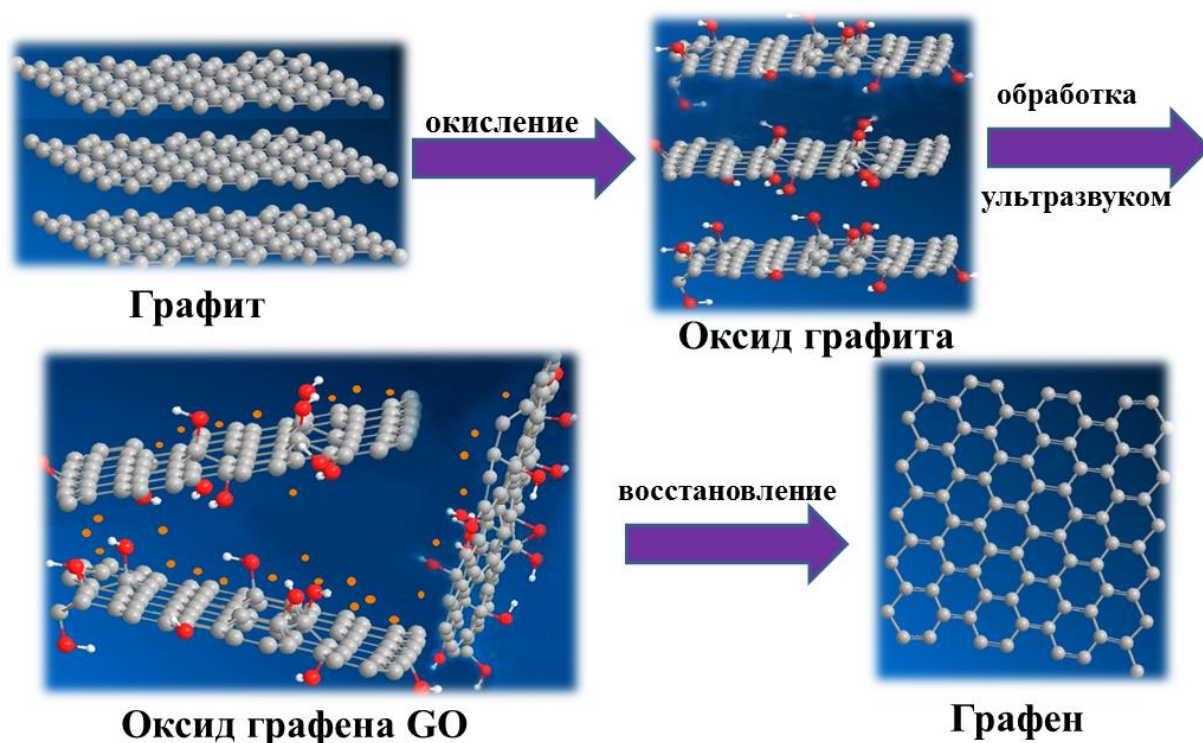
## **2. Результаты экспериментов**

В сравнении с графеном оксид графена имеет кислород- и водород-содержащие функциональные группы: преимущественно гидроксильные и эпоксидные функциональные группы вдоль основной плоскости, карбонильные и карбоксильные группы - по краям [8], что уменьшает проводимость оксида графена в разы. Поэтому чтобы использовать оксид графена при создании электронных устройств – необходимо его восстановление. Восстановление характеризуется уменьшением количества кислород- и водород-содержащих функциональных групп и увеличением электропроводности.

В настоящее время оксид графена (GO) получают методом Хаммерса, который заключается в обработке графита сильными окислителями, такими как  $\text{NaNO}_3/\text{KNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ . Далее различными методами очистки от кислот получают оксид графена. Из оксида графена возможно получение графена путем восстановления. Таким образом, с помощью несложных, экономически

выгодных и нетрудоемких операций можно получить графен в больших объемах. На рисунке 1 наглядно представлена эта поэтапная схема получения графена из графита.

При окислении графита с использованием сильных окислителей, такими как  $\text{NaNO}_3/\text{KNO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{KMnO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{O}_2$ , кислородсодержащие функциональные группы вводятся в структуру графита, которые не только расщепляют его на слои, но также делают этот материал гидрофильным (что означает, что полученные слои могут быть диспергированы в воде). Это свойство позволяет проводить отслаивание оксида графита в воде с использованием ультразвука, что, в конечном счете, приводит к получению одного или нескольких слоев графена, известных как оксид графена (GO).



**Рис. 1.** Схема получения графена из оксида графита

Для того чтобы восстановить гексагональную сотовую решетку, а вместе с ним электропроводность, необходимо восстановление оксида графена. В рамках данной работы восстановление оксида графена было произведено на подложке  $\text{SiO}_2$  под действие УФ-лучей в течение 60 минут. На рисунке 2 продемонстрировано изменение Рамановских спектров до и после процесса восстановления оксида графена. Процесс восстановления охарактеризован появлением второго порядка D пика - 2D пика. Все спектры были сняты на Рамановском спектрометре Solver Spectrum с длиной лазера 473 нм, мощностью 3.5 мВт и временем интегрирования 30 сек. Спектроскопии комбинационного рассеяния света является неупругим рассеянием света с веществом, характеризуется как очень чувствительный метод к структурным изменениям, а также к любым воздействиям, которые могут изменить эти свойства. По этой причине, спектроскопия комбинационного рассеяния развивается в один из самых полезных инструментов для развития нанонауки [9].

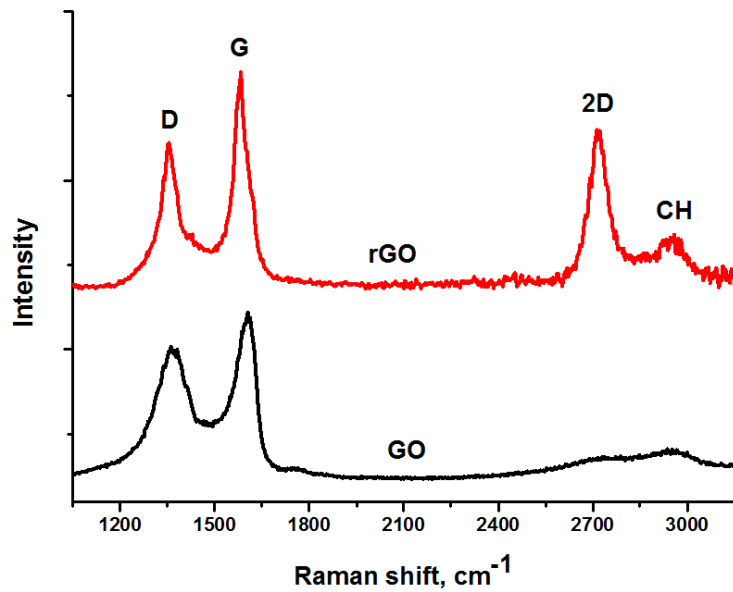


Рис. 2. Рамановские спектры исходного и восстановленного оксида графена ультрафиолетом

Также была проделана работа по облучению восстановленного оксида графена (rGO) с целью лучшего понимания механизмов радиационного облучения. Ранее было проведено облучение графена на различных подложках и были выбраны оптимальные режимы облучения [10]. Эксперимент по облучению оксида графена был проведен в двух режимах в сканирующем электронном микроскопе (СЭМ) SEM Quanta 3D 200i. На рисунке 3 представлен спектр комбинационного рассеяния света исходного восстановленного и облученного оксида графена с дозой облучения  $D=5.35 \cdot 10^{17} \text{ e/cm}^2$ . На следующем рисунке 4 представлен спектр комбинационного рассеяния света другой области исходного оксида графена и облученного, но с дозой облучения в два раза больше.

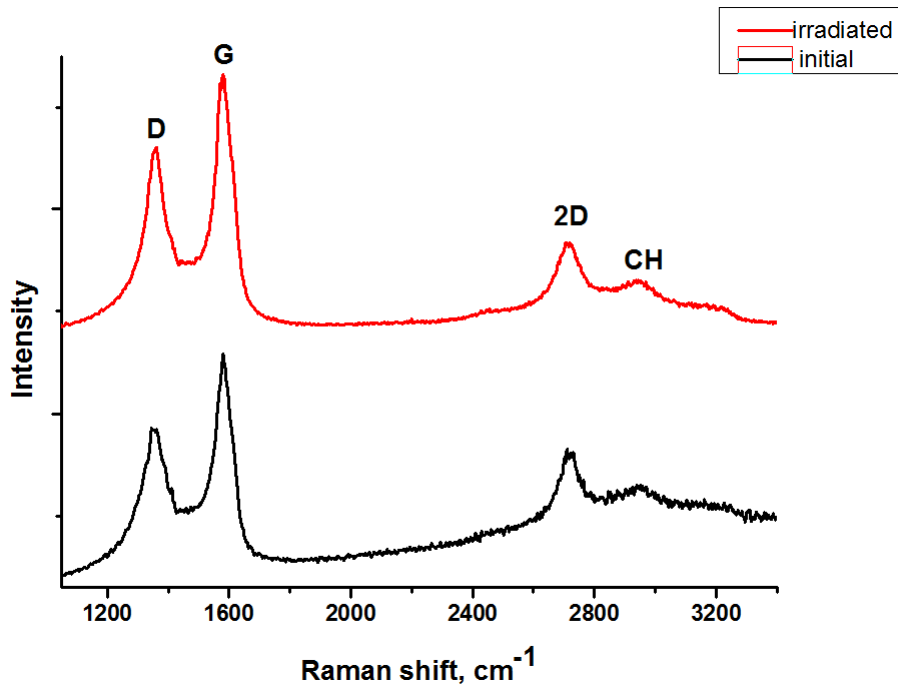


Рис. 3. Рамановский спектр оксида графена до и после процесса облучения электронами дозой  $5.35 \cdot 10^{17} \text{ e/cm}^2$

На Рамановском спектре (рисунок 4) было сделано разложение спектра по Гауссу, для того чтобы выделить пики 2D и CH. В результате по Рамановским спектрам было выяснено, что после процесса облучения увеличивается дефектный пик D и уменьшается пик CH, который отвечает за наличие кислород-, водород-содержащих функциональных групп.

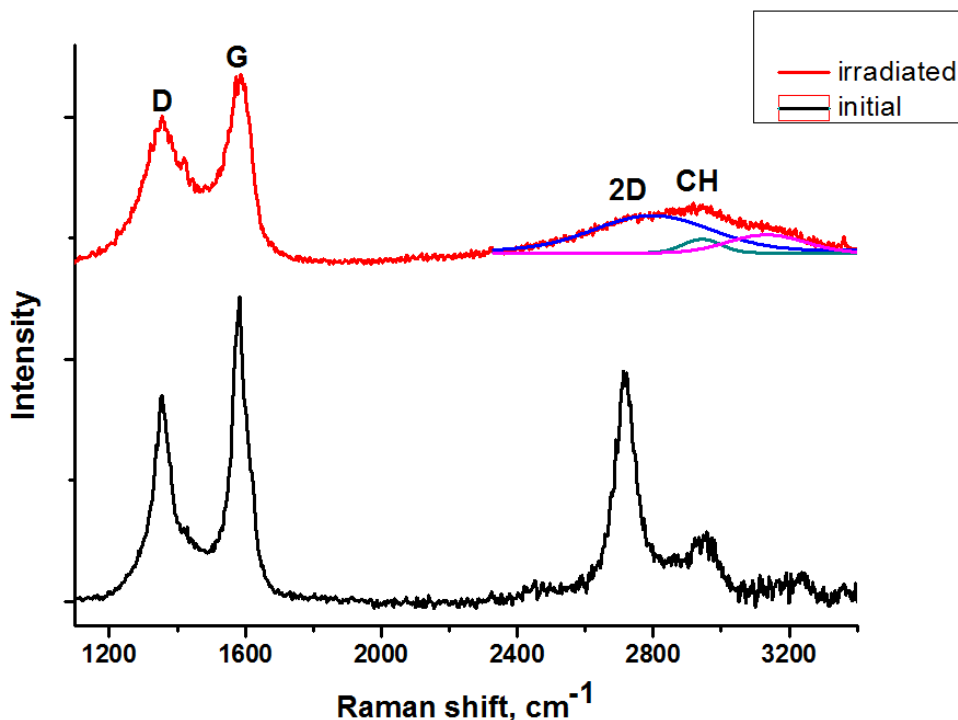


Рис. 4. Рамановский спектр исходного оксида графена и облученного электронами дозой  $10.8 \cdot 10^{17} \text{ e/cm}^2$

### 3. Обсуждение результатов

Рамановской спектроскопией доказано, что воздействие ультрафиолета на оксид графена приводит к его восстановлению, что представлено на рисунке 2. В ходе экспериментов отработана технология восстановления оксида графена и было выявлено, что с помощью УФ-лучей можно улучшить структурные характеристики оксида графена. Также было отмечено, что при облучении восстановленного оксида графена уменьшается содержание кислород-, водородсодержащих функциональных групп, что увеличивает электропроводность оксида графена. Этот эффект объясняется термическим воздействием при обработке УФ-лучами, который не повреждает структуру графена.

Облучение электронами позволяет получить области с заданной проводимостью регулированием дозы облучения. Восстановление оксида графена в результате облучения можно объяснить десорбцией гидроксильных и карбоксильных групп с поверхности и межслойного пространства оксида графена. Так по формуле Кауана-Окаута была рассчитана глубина проникновения электронов:

$$R (\mu\text{m}) = \frac{0.0276 \times A (\text{g/mole}) \times E^{1.67} (\text{keV})}{\rho (\text{g/cm}^3) \times Z^{0.89}}$$

где  $A$  – атомная масса (г/моль),  $E$  – энергия пучка,  $Z$  – атомный номер,  $\rho$  – плотность (г/см<sup>3</sup>).

В данном эксперименте глубина проникновения электронов в оксиде графена энергией 15 кэВ составила 11 мкм.

$$R (\mu\text{m}) = \frac{0.0276 \times 43.6 \times 15^{1.67}}{1.8 \times 6.87^{0.89}} = 11$$

Согласно расчетам с использованием формулы Кауана-Окауата, глубина проникновения электронов в оксиде графена составляет около 11 мкм, что намного превышает максимальную толщину образцов (90 нм). Это позволяет предположить, что взаимодействие электронного пучка с поверхностью SiO<sub>2</sub> является определяющим процессом десорбции гидроксильных и карбоксильных групп.

Также была рассчитана температура нагрева образца под электронным пучком в камере СЭМ:

$$\Delta T = \frac{4.8 \times E \text{ (keV)} \times I \text{ (nA)}}{k \text{ (W/cm} \times \text{K)} \times d \text{ (\mu m)}}$$

Подставляя значения, при которых проводился эксперимент, было определено значение температуры нагрева, где  $k = 0,05 \text{ Вт/см} \times \text{К}$  - средняя теплопроводность оксида графена,  $E$  - энергия электронного пучка,  $I$  - ток,  $d$  - диаметр пучка:

$$\Delta T = \frac{4.8 \times 15 \times 20}{0,05 \times 0.1} = 288 \text{ К}$$

Для данных условий изменение температуры образца GO во время облучения составило 288 К. Известно, что такая температура недостаточна для процесса термического восстановления GO. Помимо воздействия электронного облучения, проведение экспериментов в вакуумной камере СЭМ даёт дополнительный эффект восстановления оксида графена. Таким образом, было проведено восстановление оксида графена под действием электронного облучения без создания дефектов и без применения разрушающих термических методов с высокими температурами.

#### 4. Заключение

Была проделана работа по методу точного и контролируемого восстановления оксида графена методом электронного облучения и воздействия ультрафиолета. Таким способом, в частности, можно «рисовать» рисунки различной проводимости на оксиде графена с помощью электронной литографии. Удалив кислород- и водородсодержащие функциональные группы, восстановленный оксид графена может быть применен в качестве сенсорного элемента, проводящей подложки и контактных схем. Об успешном проведении восстановления оксида графена подтверждает результаты Рамановской спектроскопии.

Такая заданная периодичность, созданная с помощью облучения, может быть использована и как текстурированная поверхность с контролируемыми характеристиками проводимости.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] M. Holzinger, A. Le Goff, S. Cosnier. Nanomaterials for biosensing applications: a review // *Front. Chem.* 2. – 2014. – 63. – P. 1-10. – doi:10.3389/fchem.2014.00063.
- [2] Choi W., Lahiri I., Seelaboyna R., Kang Y. Synthesis of Graphene and its applications: a review // *Crit Rev Solid State Mat Sci* 35. – 2010. – 5. – P. 52–71.
- [3] Choi W., Lee J-W. Graphene: synthesis and applications // *CRC Press Boca Raton.* – 2011. – ISBN 10: 1439861870. – 13. – P. 978.
- [4] Eda, G., Fanchini, G. & Chhowalla, M. Large-area ultrathin films of reduced graphene oxide as a transparent and flexible electronic material // *Nature Nanotech.* –2008. – № 3. – P. 270–274.
- [5] Gao W, Singh N, Song L, Liu Z, Reddy AL, Ci L, Vajtai R, Zhang Q, Wei B, Ajayan PM. Direct laser writing of micro-supercapacitors on hydrated graphite oxide films // *Nature Nanotechnology.* – 2011. – P. 496-500.
- [6] A. K. Geim & K. S. Novoselov. The rise of graphene // *Nature Materials.* – 2007. – № 6. – P. 183 - 191. – doi:10.1038/nmat1849.
- [7] Xingfa Gao, Joonkyung Jang and Shigeru Nagase. Hydrazine and Thermal Reduction of Graphene Oxide: Reaction Mechanisms, Product Structures, and Reaction Design // *J. Phys. Chem. C.* – 2010. – № 114 (2). – P. 832–842. –DOI: 10.1021/jp909284g.
- [8] D.R. Dreyer, A.D. Todd, C.W. Bielawski. Harnessing the chemistry of graphene oxide // *Chem. Soc. Rev.* 43. – 2014. – P.5288–5301. – http://dx.doi.org/10.1039/C4CS00060A.
- [9] Ado Jorio. Raman Spectroscopy in Graphene-Based Systems: Prototypes for Nanoscience and Nanometrology // *ISRN Nanotechnology.* – 2012. –doi:10.5402/2012/234216



[10] Мырзабекова М.М., Гусейнов Н.Р., Кудряшов В.В., Немкаева Р.Р., Ильин А.М. Радиационная модификация графеновых структур и исследование физико-механических свойств композитов полученных на их основе // Вестник КазНУ. – 2017. – Серия физическая №1. – 60. – С.38-45

Немкаева Р.Р., Гусейнов Н.Р., Мырзабекова М.М., Габдуллин М.Т.

**Ультрақұлгін және сәулелену әсерінен қалпына келтірілген графен оксидінің қасиеттерін зерттеу**

**Түйіндеме.** Графен келешектегі технологиялар үшін перспективалық материал ретінде үлкен қызығушылық тудырады. Алайда оны алудың жылдам және өнімді әдістері әлі әзірленбеген. Бұл мақалада графен оксидінің қалпына келтіруімен көп мөлшерде графен өндірісін жолға салуды ұсынылады. Нанодиапозонда материалды масштабтау тұрғысынан және өндірілген бөлшектердің қалыңдығын есепке ала отырып графен оксидін қалпына келтіру арқылы графенді алу технологиясы ең тиімді болып табылады. Ультрақұлгін сәулелерінің әсерінен графен оксидін қалпына келтіру бойынша эксперименттер жүргізілді және Раман спектроскопия арқылы құрылымдық сипаттамалары зерттелді. Бұл зерттеулер графен құрылымын қалпына келтіруді растайды. Электр қасиеттерін қалпына келтіру мақсатында 15 кэВ-пен графен оксидінің сәулелендіру нәтижелері ұсынылады, бұл берілген, нақты электр өткізгіштігі бар сұлбаларды жасауға мүмкіндік береді. Электрондық сәулелену әсерінен қалпына келтірудің негізгі механизмі радиолиз процесі болып келеді.

**Түйін сөздер:** графен оксиді, графен, қалпына келтірілген графен оксиді, радиациялық түрлендіру, электрондармен сәулелендіру, Раман спектроскопиясы.

Nemkayeva R.R., Guseinov N.R., Myrzabekova M.M., Gabdullin M.T.

**Study of the properties of reduced graphene oxide under the influence of ultraviolet and irradiation**

**Summary.** Graphene is a promising material for future technologies. However, fast and productive methods for the production of graphene have not been worked out yet. This article proposes the production of graphene in large quantities by reduction of graphene oxide. The technology of obtaining graphene by reduction of graphene oxide from the point of view of material scalability is the most profitable taking into account the thickness in the nanoscale and the area of the produced particles. Experiments on the reduction of graphene oxide under the influence of UV rays were carried out and structural characteristics were studied by means of Raman spectroscopy. The results of Raman spectroscopy confirm the reduction of the graphene structure. The results of irradiation by 15-keV energy of graphene oxide for the purpose of restoring electrical properties are presented. This allows you to create circuits with a given electrical conductivity. This allows to create circuits with a given electrical conductivity. The main mechanism of reduction due to the action of the electron beam is the process of radiolysis.

**Key words:** graphene oxide, graphene, reduced graphene oxide, radiation modification, electron irradiation, Raman spectroscopy.

УДК 622.277

<sup>2</sup>Т.И. Салаватов, <sup>1</sup>И.П. Поезжаев, <sup>2</sup>К.А. Алибаева

(<sup>1</sup>ТОО «Институт высоких технологий»,

<sup>2</sup> КазНУ им. Аль-Фараби,

Алматы, Республика Казахстан)

**ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНТУРНОГО РАСТЕКАНИЯ ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИХ РАСТВОРОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ**

**Аннотация:** Рассмотрены повышение уровня в нагнетательных скважинах, произведен расчёт дополнительного превышения в закачных скважинах и коэффициента фильтрации для различных значений дебитов, экологические аспекты, а также достигнуты следующие результаты:

- разработана методики расчета скоростей межскважинной фильтрации и зависимость объемов откачки-закачки от скоростей. Рассчитаны ограничения для скоростей межскважинной фильтрации, с одной стороны – для минимизации объемов застойных зон, с другой – для исключения пескования фильтров;

- на условных примерах показана зависимость скоростей фильтрации и возможности образования застойных зон от степени закольматированности фильтра. Проведен прогноз застойных зон с богатыми остаточными растворами, которые могут быть отработаны единичными откачными скважинами в конечный период работы блока.

**Ключевые слова:** подземное выщелачивание, добыча урана, подземная гидродинамика, скорость фильтрации, движение растворов.



Одним из важнейших природных факторов, влияющих на формирование гидродинамического режима эксплуатации месторождений, является проницаемость пород продуктивного пласта.

Нагнетание в продуктивный горизонт раствора выщелачивающего реагента и откачка продуктивного раствора из пласта приводит к изменениям фильтрационных свойств рудовмещающих пород, в частности к уменьшению проницаемости пород и увеличению гидравлического сопротивления в прифильтровой зоне нагнетательных скважин, что вызывает уменьшение приемистости этих скважин. За счёт этого в прифильтровой зоне нагнетательных скважин даже при незначительных расходах ( $Q < 1 \text{ м}^3/\text{ч}$ ) устанавливается дополнительное сопротивление фильтрации, что вызывает дополнительный подъем ( $S_{\text{доп}}$ ) уровня в скважинах. Дополнительное повышение возникает в результате уплотнения частиц пород и механической кольтматации.

Помимо того, дополнительное повышение уровня в нагнетательных скважинах вызывается дополнительным сопротивлением фильтра (с учётом несовершенства скважины).

Как показывают наблюдения, на расстоянии 3-4 м от нагнетательной скважины повышения уровней значительно падают. Именно эти показания уровня обуславливают межскважинную фильтрацию, которая определяет гидродинамику движения подземных растворов.

Проблема определения реального напора (изменения уровня против естественного напора) в работающей скважине является весьма важной как для исследовательских, так и для производственных целей. Принятая в различных расчетных схемах методика прогнозирования напоров на основе неизменного коэффициента фильтрации представляется не обеспечивающей реальных значений. Во-первых, не имеется возможности учета влияния кольтматации порового прискважинного пространства, во-вторых, не учитывается сопротивление фильтра в прискважинной зоне из-за несовершенства скважины.

Принимаемые в расчетных схемах значения напоров в действительности формируют гидродинамическое поле с совершенно аномальной скоростью фильтрации. Так, для уранового месторождения принимается повышение уровня в закачных скважинах 40 м, при понижении 10 м. Такие напоры определяют среднюю скорость фильтрации практически равной коэффициенту фильтрации, т.е. 12-16 м/сут., что очевидно из формул классической гидродинамики. При такой скорости, и активной пористости 0,2, граница раздела «поровая вода-раствор» попадает к откачной скважине – при гексагональной сети вскрытия с  $R=50 \text{ м}$  - по кратчайшей линии тока за четверо суток. При наиболее распространенных значениях коэффициента  $\beta$  – от 0,2 до 0,7 – закисление полигона должно происходить за максимум 3 недели по кратчайшей линии тока, и за 9,2 недели по самой длинной. Расчетное время закисления можно ограничить 4,5 неделями, что, конечно, невозможно. (По данным регламента, закисление полигона должно происходить не менее 5 мес.).

Таким образом, нельзя принимать данные значения по понижению и повышению уровня на скважинах для расчёта гидродинамики движения растворов.

Принимая в расчёт, что понижения в откачных скважинах доходят до 10 метров, рассчитываем дополнительное понижение при дебите равным  $250 \text{ м}^3/\text{сут.}$ , длине фильтра 10 м и коэффициенте фильтрации равным 6,2. Результат вычисления показывает, что около 7 из 10 метров понижения приходится на дополнительное понижение.

Так же можно рассчитать дополнительные превышения в закачных скважинах, беря в расчёт опытные данные превышения на скважинах 40 метров и варьируя различными значениями дебитов:

В таблице 1 также приведены расчетные превышения, вычисленные по формуле Шестакова (1969) при тех же заданных дебитах, коэффициенте фильтрации и длине фильтра.

При заданных дебитах более 90% от потерь напоров (превышении) на скважинах составляют дополнительные потери напоров (превышения). Из расчётов видно, что разница между измеренным превышением и вычисленным примерно равна дополнительному превышению, что подтверждает правильность результатов. Сопротивление фильтра с учетом несовершенства скважины, вычисленное из расчетного превышения ( $S_{\text{с расч}}$ ), т.е. без учета кольтматации в прифильтровой зоне, изменяется от 0,06 до 0,15 м. Здесь напрашивается вывод, что основную часть суммарного дополнительного превышения составляет сопротивление в прифильтровой зоне, связанное преимущественно с механической кольтматацией скважин. Вследствие кольтматации возникает снижение проводимости пород в несколько раз в пределах прифильтровой зоны.

Таблица **Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..** Расчёт дополнительного превышения в закачных скважинах и коэффициента фильтрации для различных значений дебитов

Дебит Q, мм <sup>3</sup> /сут	Коэф. фильтр. k, мм/сут	Длина фильтра, l, м	Радиус скваж. r <sub>c</sub> , м	S <sub>н</sub>	S <sub>c расч</sub>	S <sub>c</sub>	lg(r <sub>c</sub> /r' <sub>c</sub> )	Сопрот. филт, f	S <sub>доп</sub>	Расч. коэф. филт., k, м/сут
660	66,2	110	00,055	99,8	00,8	440	1110,7	440,5	339,22	00,47
880	66,2	110	00,055	99,8	11,1	440	882,5	330,2	338,98	00,62
1100	66,2	110	00,055	99,8	11,3	440	665,6	224,0	338,73	00,78
1120	66,2	110	00,055	99,8	11,6	440	554,3	119,9	338,48	00,94
1150	66,2	110	00,055	99,8	22,0	440	443,0	115,8	338,11	11,17

Рассчитать коэффициент фильтрации в прискважинной зоне можно по следующей формуле:

$$k = \frac{Q}{\pi l S} S_n$$

где S<sub>н</sub> – приведённое понижение в скважине, м.; S – измеренное понижение в скважине, м.; l – длина фильтра, м.

Тогда коэффициент фильтрации в прифилтровой зоне для нагнетательных скважин меняется в зависимости от длины фильтра от 0,5 до 1,7 м/сут (таблица 1), что значительно меньше природных значений.

Коэффициент фильтрации в прифилтровой зоне для откачных скважин увеличился до 7 м/сут. Это говорит, что в прифилтровой зоне разгрузочных скважин возрастает коэффициент фильтрации за счёт суффозионных процессов.

Для оптимального режима работы скважин необходимо сохранение проницаемости пород в прифилтровой зоне за счет проведения, например, ремонтных работ.

Из всего сказанного представляется возможным сделать три вывода:

1. Следует четко различать напоры, измеренные в технологических скважинах (особенно в закачных), и напоры, формирующие собственно межскважинную фильтрацию. Высокие значения напоров не развиваются в радиусе большем, чем 4-5 м от скважины (обычно – 1-1,5 м), и, таким образом, слабо участвуют в формировании межскважинного поля скоростей фильтрации и, следовательно, скоростей выщелачивания. Наличие гравийной обсыпки резко уменьшает кольматационное сопротивление, но не влияет на сопротивление за счет несовершенства скважины.

2. Для расчета гидродинамических характеристик полигонов необходимо вносить поправки на дополнительное фильтрационное сопротивление за счет несовершенства скважин, и, в особенности, на сопротивление прифилтровых зон за счет кольматации. Поправки должны вводиться путем уменьшения измеренных напоров на расчетные значения.

3. ModFlow позволяет рассчитывать модели как с учетом дополнительного сопротивления разных видов, так и без учета такового. В последнем случае мы получаем модель межскважинной фильтрации, отражающей реальное положение дел.

4. Разработка и внедрение метода подземного выщелачивания при добыче урана являются большим научнотехническим достижением горнорудной промышленности. Метод выщелачивания урана из рудных тел с естественной или искусственной созданной проницаемостью на месте их залегания имеет ряд преимуществ по сравнению с традиционными способами добычи. Это относится и к техникоэкономическим показателям, и к вопросам вовлечения в эксплуатацию месторождений бедных руд, залегающих в сложных горногеологических условиях.

Рудовмещающий комплекс месторождения представлен палеогеновыми образованиями. Коэффициент фильтрации по горизонту достигает от 2,7 до 9,1 м/сут. и средний коэффициент равен

6,43 м/сут. Водопроницаемость пласта изменяется в пределах от 23 до 121,4 м<sup>2</sup>/сут., среднее значение – 67,2 м<sup>2</sup>/сут.

Средняя глубина залегания рудоносной толщи достигает 455 м от поверхности. Общая мощность руды варьирует от 0,65 до 14,4 м., средняя мощность руды – 4,55 м. Коэффициент фильтрации по руде меняется от 2,75 до 9,7 м/сут, среднее значение равно 5,72 м/сут. Водопроницаемость рудного пласта меняется от 4,48 до 70,72 м<sup>2</sup>/сут, в среднем – 24,2 м<sup>2</sup>/сут.

Блок уранового месторождения (условный)

Урановое месторождение сложено несколькими горизонтами, из которых один является рудоносным.

Эффективная мощность рудного горизонта характеризуется значением 14,2 м. Средняя глубина залегания кровли рудовмещающего пласта составляет 215 метров, коэффициент рудоносности равен 0,975. Средний естественный уровень подземных вод горизонта отмечен на глубине 85,7 м. Высота напора подземных вод над кровлей пласта достигает в среднем 129,3 м.

Гидрогеологические параметры горизонта можно охарактеризовать следующим образом:

- средний коэффициент фильтрации пород рудовмещающего пласта – 14,3 м/сут;
- средний коэффициент фильтрации руд – 14,5 м/сут;
- средний коэффициент фильтрации данного горизонта – 4,8 – 19,3 м/сут, средний – 9,9 м/сут;
- водопроницаемость рабочего интервала рудовмещающего пласта – 203 м<sup>2</sup>/сут;
- водопроницаемость горизонта – 144 – 873 м<sup>2</sup>/сут, средний – 416 м<sup>2</sup>/сут;
- коэффициент пьезопроводности горизонта – 0,5 – 4,1\*10<sup>6</sup> м/сут.

Лито-фильтрационные свойства были определены для нескольких горизонтов. Кровля горизонта залегает на глубине 86 – 121 м., подошва горизонта – на глубине 119 – 184 м. Рудоносные толщи отмечаются на глубине примерно 120 – 172 м и эффективная мощность горизонта составляет от 27 до 50 м.

Уровень подземных вод достигает 64,7 – 77,3 м, напор на кровлю водоносного горизонта – от 9 до 53 метров, а напор на кровлю рудных тел – 50 – 103 м.

Лито-фильтрационные свойства двух горизонтов можно охарактеризовать следующим образом:

- коэффициент фильтрации первого водоносного горизонта (рудная часть): – 4,1 – 6,1 м/сут, средний – 5,3 м/сут;
- коэффициент фильтрации второго водоносного горизонта (рудная часть): – 11,1 – 16,6 м/сут, средний – 13,9 м/сут;
- коэффициент фильтрации вылошл водоносного подгоризонта – 0,02 – 0,7 м/сут, средний – 0,36 м/сут;
- коэффициент фильтрации подрудного водоносного горизонта (второго) – 11,1 – 16,6 м/сут, средний – 13,8 м/сут;

- водопроницаемость первого горизонта – 116 – 284 м<sup>2</sup>/сут, средняя по участкам – 200 – 230 м<sup>2</sup>/сут;
- водопроницаемость второго горизонта – 407 – 864 м<sup>2</sup>/сут, средняя по участкам – 636 м<sup>2</sup>/сут;
- пьезопроводность первого горизонта – 7,7\*10<sup>5</sup> – 2,8\*10<sup>6</sup> м<sup>2</sup>/сут., средняя – 1,9\*10<sup>6</sup> м<sup>2</sup>/сут;
- пьезопроводность второго горизонта – 1,7\*10<sup>6</sup> м<sup>2</sup>/сут.,
- радиус влияния откачки – 515 – 2900 м;
- приемистость первого горизонта (рудной части) – 2,0 – 4,5 дм<sup>3</sup>/с;
- удельная приемистость – 0,09 – 0,29 дм<sup>3</sup>/с, средняя – 0,16 дм<sup>3</sup>/с;
- общая минерализация воды – 4,3 – 5,6 г/дм<sup>3</sup>;
- температура воды – 18 – 20°С

- химический состав воды – сульфатно-хлоридный натриевый

Экологические аспекты подземно-скважного выщелачивания при добыче урана.

Подземное выщелачивание - прогрессивный метод в настоящее время широко применяется при добыче урана. Этот метод за короткое время прошел все стадии исследований, разработки и промышленного внедрения на гидрогенных месторождениях, залегающих в проницаемых осадочных породах депрессионных зон земной коры, где вскрытие и подготовка рудных тел и добыча урана осуществляются через скважины. Уже имеется большой положительный опыт добычи урана методом выщелачивания из труднопроницаемых руд, в которых проницаемость создается искусственным путем предварительного дробления их на месте залегания. Рассматривая метод подземного

выщелачивания гидрогенных месторождений проницаемых руд, хотелось бы выделить некоторые важные аспекты, которые оказывают весьма существенное положительное влияние на экономические, социальные и экологические условия разработки месторождений урана. При использовании этого метода отпадает необходимость строительства дорогостоящих рудников или карьеров и гидрометаллургических заводов, расходования многих материалов; сокращается численность работающих на строительстве и при эксплуатации месторождений; увеличиваются природные сырьевые ресурсы в результате разработки месторождений с малым содержанием урана в руде, залегающих в сложных гидрогеологических условиях. При этом коренным образом улучшаются условия труда, обеспечивается более полное использование богатств недр, сводятся к минимуму потери урана при добыче и переработке, извлекается металл из забалансовых руд. Метод подземного выщелачивания занимает важное место в охране окружающей среды, так как при его использовании поверхность земли и воздушный бассейн почти не загрязняются[1].

Казахстан является второй страной в мире после Австралии по запасам урана, а по добыче урана начиная с 2009 года вышла на первое место (более 20 000 тонн). На сегодняшний день в Казахстане действует 20 рудников ПВ. Имея такие объемы запаса и его добычи, немаловажным фактором является экологическая безопасность. Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) признает данную технологию как самый экологически чистый и безопасный способ отработки месторождений. Казатомпром - первая в мире компания, запустившая в промышленное производство рудник на основе метода подземного выщелачивания мощностью 1000 тонн урана в год.

В свете сказанного, предлагаются следующие основные направления дальнейших работ по моделированию ПСВ:

- разработка унифицированной по всем РУ системы проектирования геотехнологических полей для новых блоков на основе геотехнологического картирования;
- разработка схем оптимальных потоков (интервалы посадки фильтров и объемы закачки – откачки) в зависимости от характеристик руд;
- на основе отмеченного - разработка оптимальных гидродинамических полей (в виде объемов закачки – откачки в технологические скважины для предполагаемой оптимальной сети вскрытия и полей скоростей межскважинной фильтрации) для эксплуатируемых и проектируемых блоков;
- изучение вещественного состава руд (распределение металла по формам содержания и классам крупности);
- подготовка программного обеспечения по автоматизированному проектированию геотехнологических полей на основе данных по кислотоемкости растворонасыщенных толщ, оптимальной гидродинамике и сорбционным свойствам.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Добыча урана методом подземного выщелачивания. Под редакцией В. А. МАМИЛОВА
- [2] URL: <http://world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/mining-of-uranium/in-situ-leach-mining-of-uranium.aspx>
- [3] 3 Подземное скважинное выщелачивание - передовое решение для добычи минералов в 21 веке АО НАК Казатомпром: д.т.н. Рыспанов Н.Б., д.т.н. Дуйсебаев Б.О., к.э.н. Байтасов К.М. г. Астана 2015

Салаватов Т.І., Поезжаев И.П., Алибаева К.А.

#### **Гидродинамикалық моделдеу көмегімен уранды өндіру кезінде шаймалаушы ерітінділердің контур сыртына жайылуын зерттеу**

**Резюме.** Қазақстан уран қорлары бойынша Австралиядан кейін әлемдегі екінші ел болып табылады және уран өндірісі бойынша 2009 жылдан бері бірінші орынға (20 мың тоннадан астам) шықты. Бүгінгі күні Қазақстанда 20 жерасты шаймалау кен орны бар. Мақалада инъекциялық ұңғымалар деңгейін көтеру, инъекциялық ұңғымаларға қосымша төгілу және әртүрлі өндіріс көрсеткіштері бойынша сүзу коэффициенті, экологиялық аспектілер есептеледі және келесі нәтижелерге қол жеткізіледі:

- Сүзгілеудің жылдамдығын есептеу әдісі және сорғы-инъекция көлемдерінің жылдамдыққа тәуелділігі әзірленді. Кросс-фильтрация жылдамдығының шектеулері бір жағынан - тоқырау аймағының көлемін азайту үшін, екінші жағынан - сүзгілерді қаптауды болдырмау үшін есептеледі;

- Шартты мысалдар сүзу жылдамдығының тәуелділігін және сүзгіштігі деңгейінде тұрақсыз аймақты қалыптастыру мүмкіндігін көрсетеді. Блок жұмысының соңғы кезеңінде жеке сорғы ұңғымаларымен өңделетін бай қалдықты ерітінділері бар тоқырау аймақтарының болжамы жасалды.

**Түйінді сөздер:** жер асты шаймалау, уранды өндіру, жерасты гидродинамикасы, сүзу жылдамдығы, ерітінділер қозғалысы.

Salavatov T.I., Poezhaev I.P., Alibaeva K.A.

**Study of leaching solutions spreading beyond the leaching zones using hydrodynamic modeling at uranium mining**

**Summary.** Kazakhstan is the second country in the world after Australia for uranium reserves, and in terms of uranium mining, since 2009 it has come out on top (more than 20,000 tons). For today in Kazakhstan there are 20 underground leaching mines. In the article, the issues of increasing the level in injection wells, calculation of additional excess in the injection wells and the filtration coefficient for different production rates, ecological aspects were considered, and the following results were achieved:

- Methods for calculating the velocities of inter-well filtration and the dependence of pumping-injection volumes on velocities have been developed. The limitations for the rates of cross-well filtration are calculated, on the one hand - to minimize the volume of stagnant zones, on the other - to exclude sanding of filters;

- Conditional examples show the dependence of filtration rates and the possibility of formation of stagnant zones on the degree of filter cramming. A forecast of stagnant zones with rich residual solutions was conducted, which can be worked out by individual pumping wells during the final period of the block operation.

**Key words:** underground leaching, uranium mining, underground hydrodynamics, filtration rate, motion of solutions.

УДК 519.63

**А.А. Исахов, А.Р. Байтурсева**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби,

Алматы, Республика Казахстан,

[alibek.issakhov@gmail.com](mailto:alibek.issakhov@gmail.com), [abaitur@yandex.kz](mailto:abaitur@yandex.kz))

**ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАССИВНОЙ СКАЛЯРНОЙ ПРИМЕСИ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ**

**Аннотация.** Сегодня изучение распространения выбросов в атмосфере является весьма актуальной задачей, поскольку вредные вещества, попадая в окружающую среду, наносят вред здоровью людей, флоре и фауне. В данной работе представлены результаты моделирования распространения выбросов из труб Экибастузской ГРЭС-1. Для расчетов была выбрана  $k - \varepsilon$  модель турбулентности. Расчеты выполнялись с использованием программного пакета ANSYS 16.0. Предварительно, модель и численный алгоритм были протестированы с помощью тестовой задачи, результаты которой сравнивались с экспериментальными данными и численными решениями других ученых.

**Ключевые слова:** распространение пассивной скалярной примеси, уравнение Навье–Стокса, воздушная среда, алгоритм SIMPLE, метод контрольного объема.

**Введение**

В настоящее время задачи, связанные с экологией и охраной окружающей среды являются наиболее актуальными в виду их важности для человеческой жизнедеятельности. По всему миру происходит активное развитие промышленности, агротехники, экономики, вследствие чего из года в год наблюдается активный рост потребления энергии. На теплоэлектростанциях вырабатывается 63% всей электроэнергии. При функционировании ТЭС сжигается топливо и в атмосферу поступают различные загрязняющие субстанции. Многие из них являются токсичными и, несмотря на сравнительно невысокие концентрации, оказывают негативное влияние на природу. В состав загрязняющих субстанций входят соединения углерода, серы, азота, а также аэрозоли и канцерогенные вещества. В результате сжигания органического топлива образуются основные компоненты выбросов ТЭС: углекислый газ и вода. Помимо вышеуказанных веществ, в состав выбросов входят пылевые частицы различного состава, оксиды серы, оксиды азота, фтористые соединения, оксиды металлов, газообразные продукты неполного сгорания топлива. Около 50% загрязнений составляет диоксид серы, 30% - оксид азота, 25% - летучая зола. Из года в год предпринимаются попытки уменьшить количество загрязнений из угольсжигающих электростанций. По количеству выбросов парниковых газов на единицу ВВП РК входит в первую тройку стран мира. Энергетика Казахстана на 87% работает за счет угля. К 2020 году ожидается, что доля выбросов в атмосферу вследствие сжигания каменного топлива составит 66% от всего объема загрязнений. На данный момент в Казахстане экологические требования и критерии для энергетического сектора ниже в 2-3 раза, чем в европейских странах. Однако следует учесть, что на энергоисточниках страны

в качестве топлива в основном используется уголь, обладающий низким качеством. Содержание золы в нем составляет 40-45%, в то время как в качественных углях эта доля не превышает 10%. Что касается твердых частиц, то в РК допустимое количество их выбросов составляет  $100 - 200 \text{ мг/нм}^3$ , в ЕС –  $30 \text{ мг/нм}^3$ . В РК допускается  $500 \text{ мг/нм}^3$  выбросов оксидов азота,  $780 \text{ мг/нм}^3$  оксида серы; в ЕС по  $200 \text{ мг/нм}^3$ , соответственно.

В Казахстане планируется строительство ряда возобновляемых источников энергии, ожидается, что их доля к 2020 году составит 3%. Однако такие станции на начальном этапе будут нерентабельны. Вследствие этого, ТЭС и ТЭЦ еще длительное время будут работать на угле и оставаться основными источниками энергии. Таким образом, для Казахстана на данный момент является наиболее важным контроль выбросов, их ограничение и оптимизация деятельности работающих тепловых станций.

На данный момент существует большое количество научных работ, исследующих содержание частиц в атмосфере [1-3], однако практически не существует исследований, где их распространение было бы смоделировано и провизуализировано.

Для решения подобных экологических проблем используется математическое моделирование. Оно дает возможность точно спрогнозировать данный процесс, позволяя при этом значительно экономить на материальных затратах на эмпирические исследования и обеспечивая безопасность для человека во время проведения прогностических экспериментов. В настоящий момент численные исследования, проводимые в мире, рассматривают лишь отдельные процессы, но не охватывают в совокупности все явления, которые участвуют и влияют на физические процессы. Сейчас, благодаря развитию вычислительных технологий и численных методов, появилась возможность строить и рассчитывать сложные визуально-прогностические модели. Такие модели позволяют получить качественный, реалистичный прогноз и оценку аварий с их последствиями. Для расчетов используются вычислительные алгоритмы для определенных типов газо- и гидродинамических задач.

### Основные уравнения

Подробное описание последних работ, посвященных изучению потока вещества, выходящей из трубы в поперечном потоке, можно найти в работе [7]. В работах [4-14] авторы численно вычислили поле скоростей, а в [15-17] было рассмотрено поле пассивной скалярной массовой доли. Для решения этих проблем часто используются числовые алгоритмы. В работах [18-19] использовались усредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса (RANS) и результаты сравнивались с экспериментом. В работах [20-21] получено хорошее соответствие между численными решениями с использованием метода прямого моделирования (DNS) и экспериментами. Основными уравнениями, описывающими эти процессы, являются уравнения Навье-Стокса, состоящие из уравнения движения и непрерывности, а также для замыкания данной системы, уравнения  $k - \varepsilon$  модель турбулентности.

$$\frac{\partial u_j}{\partial x_j} = 0 \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho u_i}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (\rho u_i u_j) = -\frac{\partial p'}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \mu_{eff} \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \right] \quad (2)$$

где  $\mu_{eff}$  – эффективная вязкость,  $p'$  – модифицированное давление. Здесь

$$p' = p + \frac{2}{3} \rho k + \frac{2}{3} \mu_{eff} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \text{ и } \mu_{eff} = \mu + \mu_t, \text{ где } \mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} - \text{турбулентная вязкость.}$$

$$\frac{\partial k}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j k) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] + P_k - \rho \varepsilon + P_{kb} \quad (3)$$

$$\frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x_j} (u_j \varepsilon) = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] + \frac{\varepsilon}{k} (C_{\varepsilon 1} P_k - C_{\varepsilon 2} \rho \varepsilon + C_{\varepsilon 1} P_{\varepsilon b}) \quad (4)$$

$P_k$  – генерация турбулентности благодаря вязким силам, которые выражаются следующим образом:

$$P_k = \mu_t \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right) \frac{\partial u_i}{\partial x_j} - \frac{2}{3} \frac{\partial u_k}{\partial x_k} \left( 3\mu_t \frac{\partial u_k}{\partial x_k} + \rho k \right) \quad (5)$$

$P_{kb}, P_{\varepsilon b}$  – выражают силы плавучести, где  $P_{kb} = -\frac{\mu_t}{\rho \sigma_\rho} \rho \beta g_i \frac{\partial T}{\partial x_i}$  и  $P_{\varepsilon b} = C_3 \max(0, P_{kb})$ .

Здесь  $\beta$  – коэффициент температурного расширения,  $\sigma_\rho = 0.9$ ,  $C_{\varepsilon 1}, C_{\varepsilon 2}, \sigma_k, \sigma_\varepsilon$  – постоянные. Для численного решения был выбран численный метод SIMPLE (Semi-Implicit Method for Pressure-Linked Equations) [22, 25-27].

В данном методе используется разнесенная сетка (Рис. 1). Для дискретизации данной системы уравнений применялись метод контрольных объемов. Сеточные индексы зависимых перемен сдвинуты, т.е. позиция  $p_{j+1/2,k}$  совпадает с  $u_{j,k}$ , позиция  $p_{j,k+1/2}$  с  $v_{j,k}$ . Таким образом, уравнение неразрывности в контрольном объеме (Рис 1, а), представится в следующем дискретном виде

$$\left( u_{j,k}^{n+1} - u_{j-1,k}^{n+1} \right) \Delta y + \left( v_{j,k}^{n+1} - v_{j,k-1}^{n+1} \right) \Delta x = 0.$$

Уравнение движения для x-компоненты можно переписать в следующем виде:

$$\left( \frac{\Delta x \Delta y}{\Delta t} \right) \left( u_{j,k}^{n+1} - u_{j,k}^n \right) + \left( F_{j+1/2,k}^{(1)} - F_{j-1/2,k}^{(1)} \right) \Delta y + \left( G_{j,k+1/2}^{(1)} - G_{j,k-1/2}^{(1)} \right) \Delta x + \left( p_{j+1,k}^{n+1} - p_{j,k}^{n+1} \right) \Delta y = 0$$

где

$$F^{(1)} = u^2 - \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial u}{\partial x},$$

$$G^{(1)} = uv - \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial u}{\partial y}$$

Таким образом

$$F_{j+1/2,k}^{(1)} = 0.25 \left( u_{j,k} + u_{j+1,k} \right)^2 - \frac{1}{\text{Re}} \frac{u_{j+1,k} - u_{j,k}}{\Delta x}$$

$$G_{j,k+1/2}^{(1)} = 0.25 \left( v_{j,k} + v_{j+1,k} \right) \left( u_{j,k} + u_{j,k+1} \right) - \frac{1}{\text{Re}} \frac{u_{j,k+1} - u_{j,k}}{\Delta y}$$



Аналогично можно переписать уравнение движения для у-компоненты в виде

$$\left(\frac{\Delta x \Delta y}{\Delta t}\right)(v_{j,k}^{n+1} - v_{j,k}^n) + (F_{j+1/2,k}^{(2)} - F_{j-1/2,k}^{(2)})\Delta y + (G_{j,k+1/2}^{(2)} - G_{j,k-1/2}^{(2)})\Delta x + (p_{j,k+1}^{n+1} - p_{j,k}^{n+1})\Delta x = 0$$

где

$$F^{(2)} = uv - \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial v}{\partial x}, \quad G^{(2)} = v^2 - \frac{1}{\text{Re}} \frac{\partial v}{\partial y}$$

т.к. метод является итерационным, то на каждой промежуточной стадии происходит переход с n-го слоя на (n+1)-й.

В общем виде алгоритм SIMPLE можно представить в следующем виде:

1. Определение граничных условий.
2. Вычисление градиентов скорости и давления.
3. Решение дискретизированного уравнения импульса для вычисления промежуточного поля скоростей.
4. Вычисление массовых потоков на гранях без поправки.
5. Решение уравнения коррекции давления, для получения значения ячейки коррекции давления.

6. Обновление поля давления:  $p^{k+1} = p^k + \text{urf} \cdot p'$ , где  $\text{urf}$  – релаксационный коэффициент понижения для давления.

7. Обновление поправки на граничное давление  $p'_b$

8. Коррекция массовых потоков:  $\dot{m}_f^{k+1} = \dot{m}_f^* + \dot{m}'_f$

9. Коррекция скоростей в ячейках  $\vec{v}^{k+1} = \vec{v}^* - \frac{\text{Vol} \nabla p'}{\vec{a}_p^v}$ , где  $\nabla p'$  является градиентом

поправок давления,  $\vec{a}_p^v$  – вектор центральных коэффициентов для дискретизированной линейной системы, представляющей уравнение скорости, а Vol – объем ячейки.

10. Обновление плотности из-за изменений давления.

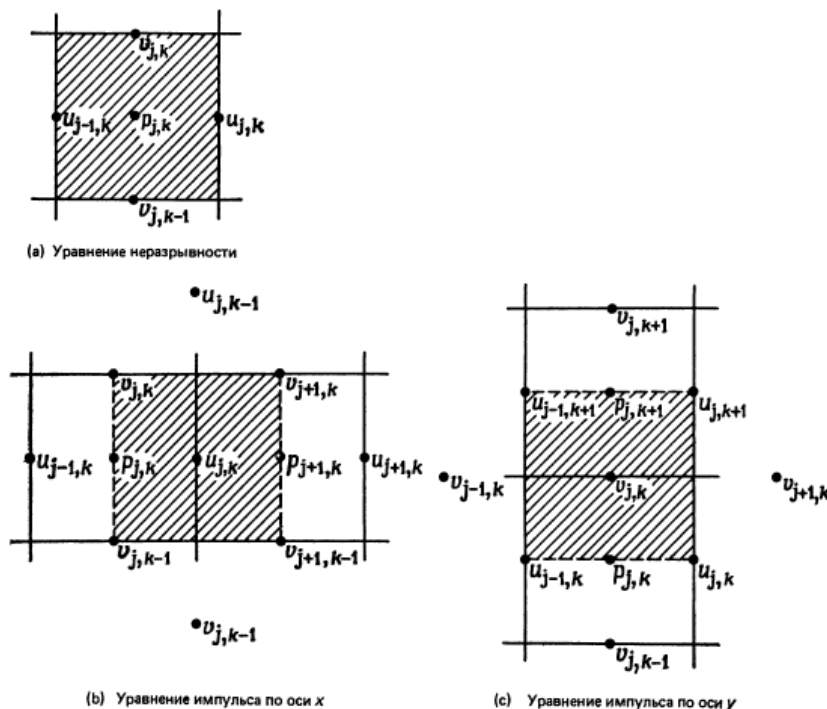


Рис. 1. Различные контрольные объемы на разнесенной сетке

**Характеристики потока**

Отношение скорости потока из трубы к скорости поперечного потока обозначается через  $R$  и выражается следующим образом:  $R = V_{jet} / V_{crossflow}$

В статье [23, 24] были рассмотрены различные  $R$  (0.5, 1.0 и 1.5). Скорость выходящего из трубы вещества составила 5.5 м/с. В данной работе был рассмотрен случай  $R=0.5$ , поэтому скорость поперечного потока была установлена равной 11 м/с. Диаметр трубы  $D=12.7$  мм. На основании приведенных выше данных, число Рейнольдса равно  $Re_{jet} = \rho V_{jet} D / \mu = 4700$ . В качестве исследуемого материала вещества была выбрана вода.

**Вычислительная область**

Область расчета тестовой задачи представляет собой трехмерный канал с входящей в него трубой. Высота поперечного канала  $20D$ , высота трубы  $5D$ , длина поперечного канала  $45D$ , ширина -  $3D$ , а центр трубы находится на расстоянии  $5D$  от входа.

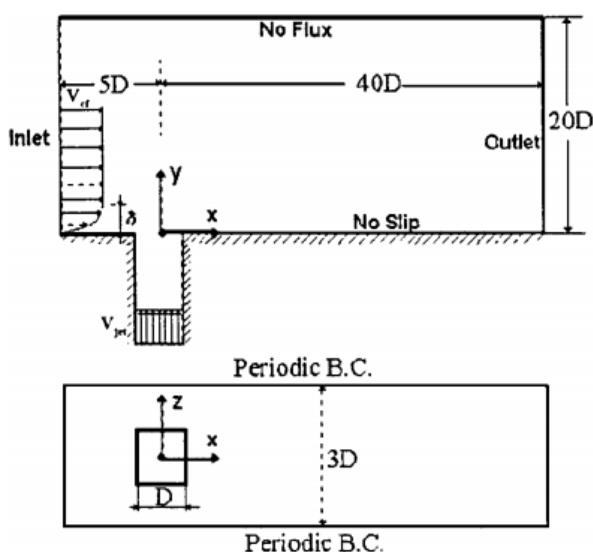


Рис. 2. Параметры расчетной области

**Граничные условия**

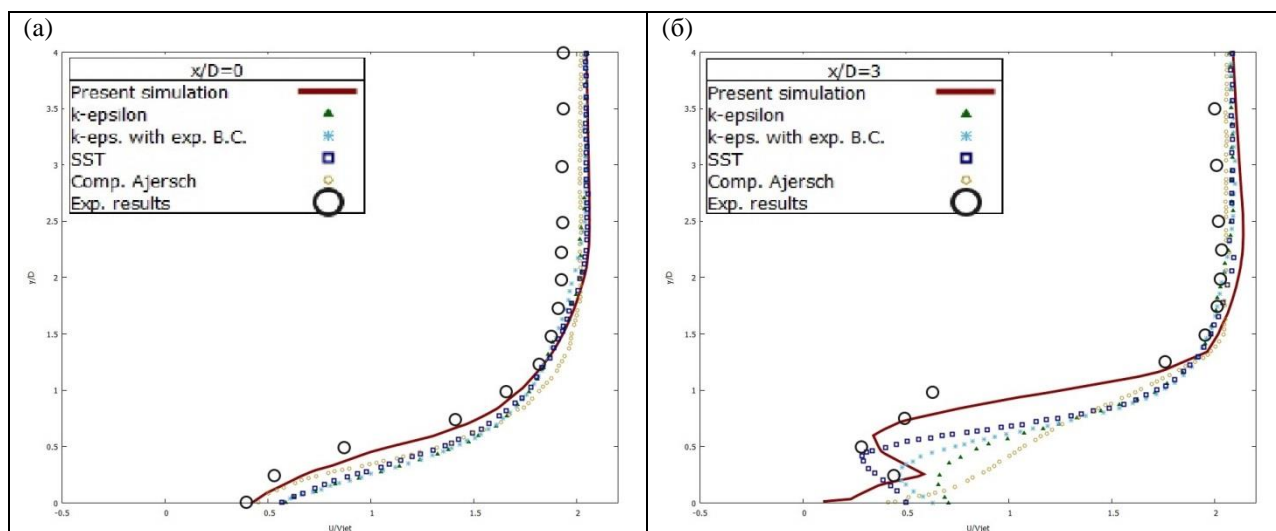
Как показано на рисунке 2, для решения задачи были использованы следующие типы граничных условий: вход, выход, отсутствие потока, стена, периодическая граница. Согласно экспериментальным данным ширина пограничного слоя равна  $2D$ . Для описания начального профиля поперечной скорости в пограничном слое использовался закон степени  $1/7$  для распределения скоростей

$$\frac{u}{u_r} = \left( \frac{z}{z_r} \right)^\alpha$$

где  $u$  – скорость ветра на высоте  $z$ ,  $u_r$  – известная скорость ветра на контрольной высоте  $z_r$ .  $\alpha$  является эмпирически полученным коэффициентом, который изменяется в зависимости от стабильности атмосферы. Для нейтральных условий устойчивости  $\alpha = 1/7$ . Над пограничным слоем скорость задается как постоянная (11 м/с).

**Сравнение результатов**

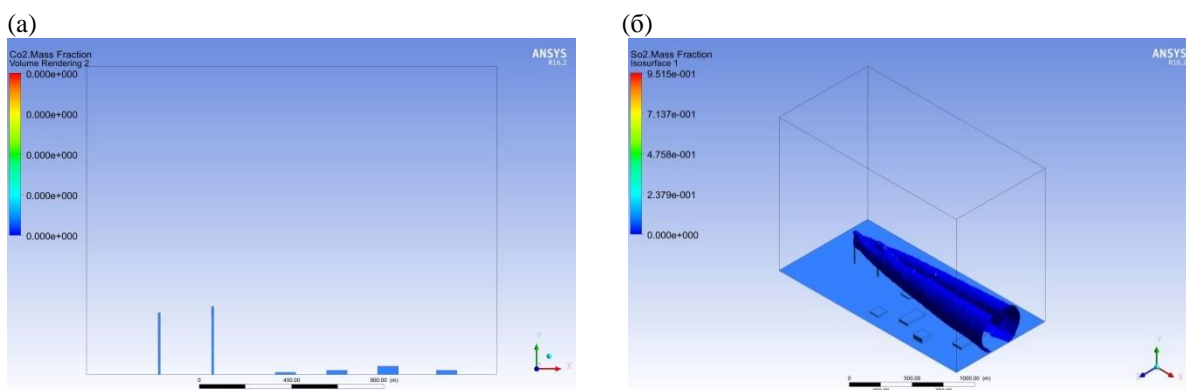
В этой работе исследовался случай  $R=0.5$ . На рисунке 3 показаны графики для сечения  $x/D = 0$  и  $x/D = 3$ .



**Рис. 3.** Сравнение результатов для скорости вдоль потока в плоскости центра реактора ( $z/D=0$ ) при  $R=0.5$ : (а)  $x/D=0$ ; (б)  $x/D=3$ .

Красная сплошная линия обозначает результаты данной статьи,  $\circ$  - экспериментальные данные, остальные иллюстрируют полученные численные результаты других авторов. Также показаны результаты, полученные с использованием модели SST  $k - \omega$ .

Сравнительный анализ показал, что выбранная  $k - \varepsilon$  модель и метод SIMPLE позволяют получить наиболее приближенные к эксперименту результаты.



**Рис. 4.** (а) Геометрия Экибастузской ГРЭС-1, (б) Анализ движения газа в масштабе 1:1 (контуры концентрации  $SO_2$ ), в случае с препятствиями.

**Моделирования распределения выбросов Экибастузской ТЭС (ГРЭС-1)**

После валидации модели и методов решения с помощью тестовой задачи, была построена и решена модель Экибастузской ГРЭС-1 в реальных масштабах. На этой станции загрязнение распространяется из двух труб высотой 330 и 300 м, расстояние между ними составляет 250 м, диаметр труб составляет 10 м (Рис.4).  $SO_2$  был выбран в качестве исследуемого основного вещества, поскольку это один из наиболее распространенных химических веществ, выделяемых ТЭС. Был использован следующий начальный профиль скорости для входа ветра:

$$v_x = 5.0 \cdot (0.2371 \cdot \ln(Y + 0.00327) + 1.3571) [m \cdot c^{-1}].$$

На рисунке 5 показаны графики профилей распространения SO<sub>2</sub> на расстояниях 500, 700, 1100, 1400, 1900 м. Значения на участке 700 м больше, чем на 500 м, так как это точка между двумя трубами. Поэтому здесь наблюдается загрязнение только из одной трубы, и, очевидно, что оно меньше, чем концентрация загрязнений из обеих труб.

#### Анализ и заключение

В этой работе была решена задача тестовой модели распространения вещества в поперечном потоке. Для решения использовалась  $k-\varepsilon$  модель турбулентности, которая показала довольно точные результаты. Метод SIMPLE использовался в качестве численного алгоритма решения. Методы решения, которые использовались в этой статье, дали более точный результат, чем модель SST  $k-\omega$ , используемая другими авторами. Далее была построена реальная модель Экибастузской ГРЭС-1. Результаты показали, что с увеличением расстояния от источника загрязнения концентрация выбросов падает. Поэтому необходимо правильно выбрать безопасное расположение запланированных ТЭС и не строить жилища непосредственно рядом с ними.

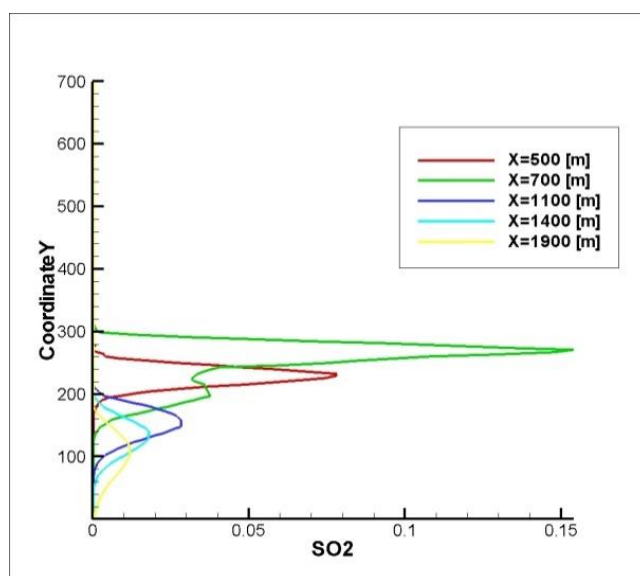


Рис. 5. Профиль распространения SO<sub>2</sub>, Экибастузская ГРЭС-1. Сечения на 500, 700, 1100, 1400, 1900 м.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Kansal A., Khare M., Sharma C.S. Air quality modelling study to analyse the impact of the World Bank emission guidelines for thermal power plants in Delhi. Atmospheric pollution research, Volume: 2, Issue: 1, pp. 99-105, DOI: 10.5094/APR.2011.012, JAN 2011
- [2] Boznar M.Z., Mlakar P., Grasic B., Tinarelli G. Environmental impact assessment of a new thermal power plant Sostanj Block 6 in highly complex terrain. International journal of environment and pollution, Volume: 48, Issue: 1-4, pp. 136-144, Special Issue: SI, 2012.
- [3] Guttikunda S.K., Jawahar P. Atmospheric emissions and pollution from the coal-fired thermal power plants in India. Atmospheric environment, Volume: 92, pp. 449-460, 2014.
- [4] Kamotani, Y., Greber, I. 1972 Experiments on turbulent jet in a crossflow. AIAA J. 10, 1425–1429.
- [5] Fearn, R. L., Weston, R. P. 1974 Vorticity associated with a jet in crossflow. AIAA J. 12, 1666–1671.
- [6] Andreopoulos, J., Rodi, W. 1984 Experimental investigation of jets in a crossflow. J. Fluid Mech. 138, 93–127.
- [7] Krothapalli, A., Lourenco, L., Buchlin, J. M. 1990 Separated flow upstream of a jet in a crossflow. AIAA J. 28, 414–420.
- [8] Fric, T. F., Roshko, A. 1994 Vortical structure in the wake of a transverse jet. J. Fluid Mech. 279, 1–47.
- [9] Kelso, R. M., Lim, T. T., Perry, A. E. 1996 An experimental study of round jets in cross-flow. J. Fluid Mech. 306, 111–144.
- [10] Broadwell, J. E., Breidenthal, R. E. 1984 Structure and mixing of a transverse jet in incompressible flow. J. Fluid Mech. 148, 405–412.
- [11] Karagozian, A. R. 1986 An analytical model for the vorticity associated with a transverse jet. AIAA J. 24, 429–436.

- [12] Hasselbrink, E. F., Mungal, M. G. 2001 Transverse jets and jet flames. Part 1. Scaling laws for strong transverse jets. *J. Fluid Mech.* 443, 1–25.
- [13] Muppidi, S., Mahesh, K. 2005 Study of trajectories of jets in crossflow using direct numerical simulations. *J. Fluid. Mech.* 530, 81–100.
- [14] Muppidi, S., Mahesh, K. 2008 Direct numerical simulation of passive scalar transport in transverse jets. *J. Fluid Mech.*, 598, pp. 335–360.
- [15] Smith, S. H., Mungal, M. G. 1998 Mixing, structure and scaling of the jet in crossflow. *J. Fluid Mech.* 357, 83–122.
- [16] Su, L. K., Mungal, M. G. 2004 Simultaneous measurement of scalar and velocity field evolution in turbulent crossflowing jets *J. Fluid Mech.* 513, 1–45.
- [17] Shan, J. W., Dimotakis, P. E. 2006 Reynolds-number effects and anisotropy in transverse-jet mixing. *J. Fluid. Mech.* 566, 47–96.
- [18] Chochua, G., Shyy, W., Thakur, S., Brankovic, A., Lienau, K., Porter, L., Lischinsky, D. 2000 A computational and experimental investigation of turbulent jet and crossflow interaction. *Numer. Heat Transfer A* 38, 557–572.
- [19] Acharya, S., Tyagi, M., Hoda, A. 2001 Flow and heat transfer predictions for film-cooling. *Ann. NY Acad. Sci.* 934, 110–125.
- [20] Muppidi, S., Mahesh, K. 2007 Direct numerical simulation of round turbulent jets in crossflow. *J. Fluid. Mech.* 574, 59–84.
- [21] Livescu D., Jaber F. A., Madnia C. K. Passive-scalar wake behind a line source in grid turbulence. *Journal of Fluid Mechanics*. Volume 416, 2000, pp 117- 149.
- [22] Patankar S. V. *Numerical Heat Transfer and Fluid Flow*. Taylor & Francis. 1980, p. 214.
- [23] Ajersch, P., Zhou, J. M., Kettler, S., Salcudean, M., Gartshore, I. S., *Multiple Jets in a Crossflow: Detailed Measurements and Numerical Simulations*. International Gas Turbine and Aeroengine Congress and Exposition, ASME Paper 95-GT-9, Houston, June 1995, pp. 1–16.
- [24] Keimasi M.R., Taeibi-Rahni M., *Numerical Simulation of Jets in a Crossflow Using Different Turbulence Models*. AIAA journal, Vol. 39, No. 12, December 2001
- [25] Ferziger J. H., Peric M. *Computational Methods for Fluid Dynamics*. Springer-Verlag. 2001. P. 426.
- [26] Issakhov A., Baitureyeva A. Numerical simulation of a passive scalar transport from thermal power plants. *AIP Conference Proceedings* 1836, 020019 (2017); doi: <http://dx.doi.org/10.1063/1.4981959>
- [27] Issakhov A., Baitureyeva A. Numerical simulation of a pollutant transport in lower atmosphere layer from thermal power plants. *WSEAS TRANSACTIONS on FLUID MECHANICS*, Volume 12, 2017, p. 16-32

Исахов А.А., Байтуреева А.Р.

**Ауадағы пассивті скаляр қоспасын таратылуын сандық модельдеу**

**Түйіндеме.** Бүгінгі күні атмосфераға шығарылатын эмиссиялардың таралуын зерттеу өте маңызды мәселе болып табылады, өйткені қоршаған ортаға түскен зиянды заттар адамдардың денсаулығына, өсімдіктер мен жануарлар әлеміне зиян тигізеді. Осы мақалада Екібастұз МАЭС-1 құбырларынан шығарындылардың таралуын модельдеу нәтижелері келтірілген. Есептеулер үшін турбулентті моделі таңдалды. Есептер ANSYS 16.0 бағдарламалық пакетін пайдалану арқылы орындалды. Модель және сандық алгоритм тесттік есеп бойынша сыналды, оның нәтижелері эксперименттік деректермен және басқа ғалымдардың сандық шешімдерімен салыстырылды.

**Түйінді сөздер:** пассивті скаляр қоспасының таратылуы, Навье-Стокс теңдеуі, ауа ортасы, SIMPLE алгоритмі, бақылау көлем әдісі.

Issakhov A., Baitureyeva A.

**Numerical simulation of the passive scalar impurity propagation in the air**

**Summary.** Today, the study of the emissions distribution in the atmosphere is a very urgent task, since harmful substances after getting into the environment are harmful for people's health, flora and fauna. The results of emissions spread modeling from the Ekibastuz GRES-1 pipes are presented in this paper. A model of turbulence was chosen for the calculations. The calculations were performed by using the software package ANSYS 16.0. Previously, the model and numerical algorithm were tested by using a test problem, the results of which were compared with the experimental data and numerical solutions of other scientists.

**Key words:** propagation of the passive scalar impurity, Navier-Stokes equation, air environment, SIMPLE algorithm, control volume method.

УДК: 532.517.4

**А.С. Аскарова, С.А. Болегенова, Ш.С. Оспанова, А.З. Нурмуханова  
А.О. Нұғыманова, А. Нұсіпжан**  
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПЫЛА, ДИСПЕРСИИ И ГОРЕНИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ПРИ ВЫСОКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ**

**Аннотация:** Представлены результаты компьютерного моделирования процессов распыла, дисперсии и испарения капель октана при высокой турбулентности. Получены профили температуры, распределения капель по радиусам и пары топлива по высоте камеры сгорания.

**Ключевые слова:** горение, дисперсия, октан, пары топлива.

Методы математического моделирования нашли широкое применение в различных областях науки и техники. Эти методы включают в себя разработку физических и математических моделей, численных методов и программного обеспечения, проведение численного эксперимента с привлечением средств вычислительной техники (его результаты анализируются и используются в практических целях). В науке и технике преимущества метода компьютерного моделирования очевидны: оптимизация проектирования, сокращение затрат на отработку, повышение качества продукции, уменьшение эксплуатационных расходов и т.д. Численное моделирование существенно преобразует также сам характер научных исследований, устанавливая новые формы взаимосвязи между экспериментальными и математическими методами.

Применение математического моделирования в области исследований процессов теплопереноса в течениях с горением привело к появлению различных программно-ориентированных пакетов, с помощью которых более или менее успешно решаются как фундаментальные задачи, так и прикладные.

Внедрение новых технологий требует значительных затрат, в связи с чем к методам проектирования и отработки оборудования предъявляются все возрастающие требования. Таким образом, в настоящее время, особое внимание приобретает не только создание эффективных физических и математических моделей, но и разработка новых более совершенных методов численной реализации систем разностных уравнений, описывающих конвективный теплоперенос в камерах сгорания. Математическое моделирование горения жидких топлив является сложной задачей, так как требует учета большого количества сложных взаимосвязанных процессов и явлений: многоступенчатые цепные химические реакции, перенос импульса, тепла и массы путем конвекции, молекулярный перенос, излучение, турбулентность, испарение жидких капель.

Распыл струи жидкости имеет широкое практическое применение во многих системах подачи топлива, а также в камерах сгорания современных авиационных двигателей. Подобный тип радиальной подачи в поперечный поток улучшает характеристики распыления топлива, испарения образующегося впрыска и используется в богатых камерах сгорания, а также в камерах с быстрой подготовкой обедненных смесей или с предварительным смешением и испарением топливно-воздушной смеси. Данная задача широко применяется для изучения процесса распада струи жидкости на капли [1, 2].

Детальное экспериментальное исследование процесса распыливания на реальных форсунках затруднено ввиду широкого диапазона размеров частиц и плотности «засеивания» потока воздуха частицами жидкости. Наиболее приемлемым является численное моделирование, которое в общем случае включает моделирование распада струй и пленок жидкости на сгустки, вторичного дробления сгустков на капли и дальнейшего переноса капель потоком воздуха. Отработка методики расчета процесса формирования и дробления топливной пленки при распыливании является первоочередной задачей при расчете движения частиц. При этом в прикладных задачах, несмотря на постоянно совершенствующиеся вычислительные ресурсы, основной проблемой при выполнении расчетов распыла является необходимость обеспечения требуемой степени дискретизации расчетных областей ввиду широкого диапазона пространственных масштабов, на которых происходит распыл.

При распыливании жидкого топлива пневматической форсункой газотурбинного двигателя размер капель может достигать нескольких микронов, в то время как размеры топливных каналов превышают их на несколько порядков. Использование равномерных сеток при описании распада жидкой пленки на множество капель различного размера требует корректного разрешения сеточной моделью границ раздела фаз, а это приводит к непомерно высоким вычислительным затратам. Применение локального измельчения сеток помогает приблизиться к решению проблемы, поскольку позволяет обойтись менее детальными сетками. Но в этом случае встает вопрос влияния на результаты моделирования динамического изменения сеточной модели, связанного с характеристиками воздушно-капельного потока.

При моделировании турбулентных течений по осредненным параметрам широко распространена гипотеза Буссинеска, которая проводит аналогию между молекулярной и турбулентной диффузией. Вязкость зависит от времени и масштабов турбулентности, которые вычисляются из решения дополнительных транспортных уравнений, например, из уравнений для кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации.

Применяя операцию осреднения, можно получить осредненные уравнения сохранения массы, импульса и энергии. В этом случае из основных уравнений сохранения получаем осредненные уравнения Навье – Стокса [3-5]:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{u}_i}{\partial x_i} = \bar{S}_{mass}, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \rho \bar{u}_i}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{u}_i \bar{u}_j}{\partial x_j} = \rho g - \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial \bar{\sigma}_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \bar{S}_{mom}, \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho \bar{E}}{\partial t} + \frac{\partial \rho \bar{E} \bar{u}_j}{\partial x_j} = - \frac{\partial \bar{p} \bar{u}_j}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j \bar{\sigma}_{ij}}{\partial x_j} + \frac{\partial \bar{u}_j \tau_{ij}}{\partial x_j} + \bar{S}_{energy}. \quad (3)$$

В приведенных выше уравнениях  $S_{mass}$ ,  $S_{mom}$  и  $S_{energy}$ , соответственно, источниковые члены массы, импульса и энергии дисперсной фазы.  $\rho$  - плотность несущей фазы,  $p$  - давление и  $g$  - сила тяжести.

*k – ε модель турбулентности*

Более универсальными моделями в инженерных расчетах турбулентных потоков являются модели с двумя дифференциальными уравнениями. Наиболее часто в технических течениях используется модель с двумя дифференциальными уравнениями. Это *k – ε* модель, когда решаются два уравнения для кинетической энергии турбулентности  $k$  и скорости ее диссипации  $\varepsilon$ :

$$\rho \frac{\partial k}{\partial t} + \rho \frac{\partial \bar{u}_j k}{\partial x_j} = \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k} \right) \frac{\partial k}{\partial x_j} \right] \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} + G - \frac{2}{3} \rho k \delta_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} - \rho \varepsilon, \quad (4)$$

$$\rho \frac{\partial \varepsilon}{\partial t} + \rho \frac{\partial \bar{u}_j \varepsilon}{\partial x_j} - \frac{\partial}{\partial x_j} \left[ \left( \mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon} \right) \frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j} \right] = c_{\varepsilon_1} \frac{\varepsilon}{k} G - \left[ \left( \frac{2}{3} c_{\varepsilon_2} - c_{\varepsilon_3} \right) \rho \varepsilon \delta_{ij} \frac{\partial \bar{u}_i}{\partial x_j} \right] - c_{\varepsilon_2} \rho \frac{\varepsilon^2}{k}. \quad (5)$$

В данной работе была использована модель камеры сгорания в форме цилиндра, высота которой 15 см, диаметр 4 см. Общий вид камеры сгорания представлен на рисунке 1. Расчетная область состоит из 650 ячеек. С помощью сопла, которое располагается в центре нижней части камеры сгорания, впрыскивается жидкое топливо. Площадь форсунки равна  $2 \cdot 10^{-4}$  см<sup>2</sup>. Температура стенок камеры сгорания 353 К. Начальная температура газа в камере сгорания 900 К, топливо впрыскивается при 300 К. Начальный радиус впрыскиваемых капель 25 мкм. Угол, при котором



впрыскиваются капли, равен  $10^0$ . Давление в камере сгорания составляет 80 бар, скорость впрыска жидкого топлива равна 250 м/с.

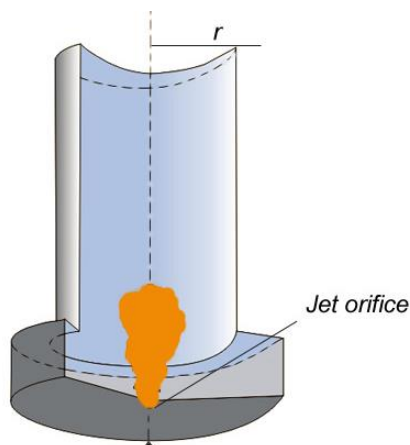


Рис. 1. Общий вид камеры сгорания

На рисунке 2 показаны результаты численного моделирования горения октана в камере сгорания. На рисунке 2 представлено распределение капель октана по размерам по высоте камеры сгорания в моменты времени  $t=1$  мс, 1,5 мс, 2,5 мс. В начальной стадии процесса горения в момент времени  $t=1$  мс капли октана достигли высоты равной 0,59 см. В последующие моменты времени  $t=1,5$  мс и 2,5 мс капли октана поднялись на высоту камеры равной 0,62 см и 0,72 см, соответственно.

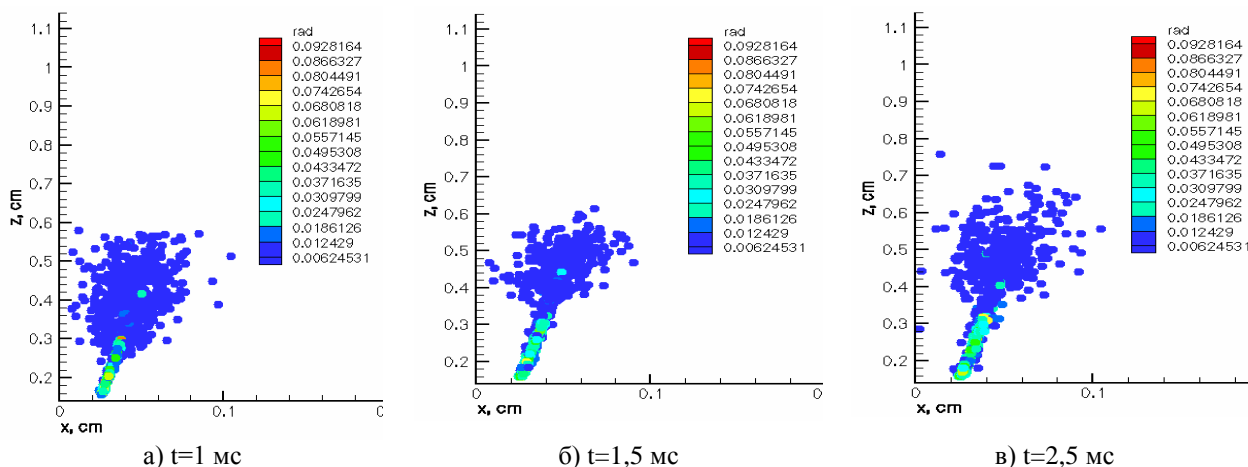


Рис. 2. Распределение капель октана по радиусам по высоте камеры сгорания в различные моменты времени

На рисунке 3 показаны поля температуры в камере сгорания при горении октана в различные моменты времени. Эти графики свидетельствует о том, что при горении октана большая часть камеры прогревается до 987,192 К. В момент времени  $t=2,5$  мс в ядре температурного факела при горении октана температура достигает значения 2687,32 К.

На следующем рисунке 4 представлены поля концентрации топлива в различные моменты времени горения. Как видно из рисунков, пары октана в момент времени  $t=1,5$  мс имеют минимальную концентрацию. Так, для октана значение концентрации составило 0,0947587 г/г. Пары октана в различные моменты времени поднимаются на различные высоты. К примеру, в момент времени  $t=2,5$  мс пары октана поднимаются на высоту камеры 2,3 мс, а в момент времени  $t=1$  мс они все еще находятся внизу камеры сгорания.

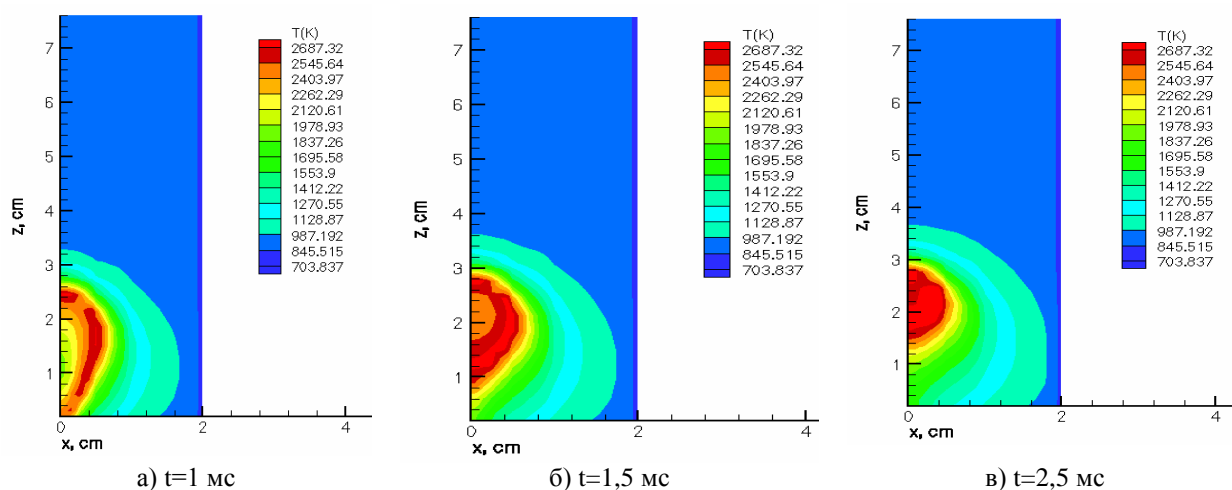


Рис. 3. Профиль температуры в камере сгорания при горении октана в различные моменты времени

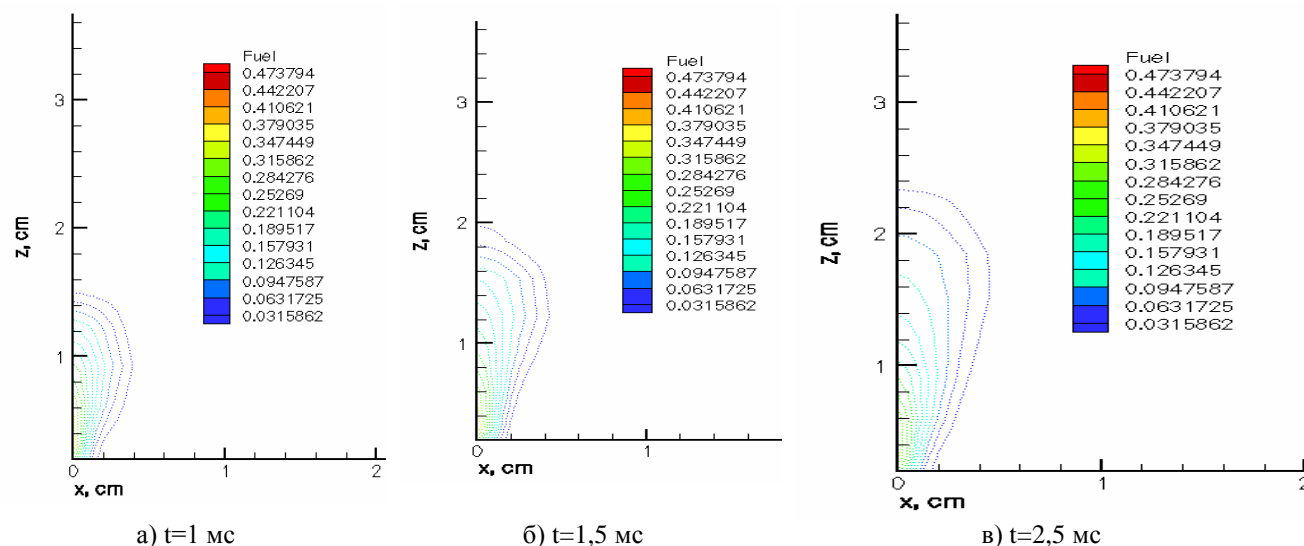


Рис. 4. Распределение паров октана по высоте камеры сгорания в различные моменты времени

Таким образом, по полученным результатам по горению жидкого топлива можно сделать заключение:

- капли октана поднимаются на различные высоты, но имеют почти одинаковые размеры;
- при горении октана температура в камере сгорания достигает максимальных значений и в большей части камеры сгорания сохраняется маленькая температура;
- концентрации паров топлива в начальные моменты времени имеют почти одинаковые значения, но с течением времени достигают максимальных значений по всему объему камеры.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Gorokhovski M., Herrmann M. Modeling primary atomization // *Annual Review of Fluid Mechanics*. – 2008. - Vol. 40. – P. 343–366.
- [2] Apte S.V., Gorokhovski M., Moin P. LES of atomizing spray with stochastic modeling of secondary breakup // *International Journal of Multiphase Flow*. – 2003. – Vol. 29, №9. – P. 1503-1522.
- [3] A. Askarova, S. Bolegenova, Bolegenova Symbat, I. Berezovskaya, Zh., Ospanova Sh., Shortanbayeva, A. Maksutkhanova, G. Mukasheva and A. Ergalieva Numerical Simulation of the Oxidant’s Temperature and Influence on the Liquid Fuel Combustion Processes at High Pressures // *Journal of Engineering and Applied Sciences*. - 2015. - Vol. 10, №4. - P. 90-95.

[4] Farago Z., Chigier N.A. Morphological classification of disintegration of round liquid jets in a coaxial air stream // *Atomization and Sprays*. – 1992. – Vol.2. – P. 137–153.

[5] Habchi C., Verhoeven D., Huynh Huu C., Lambert L. et al. Modeling atomization and break-up in high pressure diesel sprays // *SAE Technical Paper*. – 1997. – P. 1250-1260.

Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Оспанова Ш.С., Нұрмұханова А.З., Нұғыманова А.О., Нүсіпжан А.

**Жоғары турбуленттіліктегі сұйық отын тамшыларының бүрку, дисперсия және жану процестерін модельдеу**

**Түйіндемe:** Берілген жұмыста жоғары турбуленттіліктегі октан тамшыларының бүрку, дисперсия және булану процестерін компьютерлік модельдеу нәтижелері келтірілген. Температураның профильдері, тамшылардың радиустары бойынша таралуы мен отын буының камера биіктігі бойымен таралуы алынды.

**Түйін сөздер:** Түйін сөздер: жану, дисперсия, октан, отын буы.

Askarova A.S., Bolegenova S.A., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z., Nugymanova A., Nusipzhan A.

**Modeling of the atomization, dispersion and combustion processes of liquid fuel droplets at high turbulence**

**Summary:** This paper presents the results of computer simulation of the spray process, vaporization and dispersion of octane droplets at high turbulence. The temperature profiles, the droplet distributions along the radii and the fuel vapors along the height of the combustion chamber are obtained.

**Key words:** combustion, dispersion, octane, fuel vapor.

УДК: 532.517.4

**Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, С.Ә. Бөлегенова, Ж.Қ. Шортанбаева**

**В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова, А.З. Нурмуханова**

(Казахский национальный университет им. аль-Фараби

Алматы, Республика Казахстан)

### **СҰЙЫҚ ОТЫН ТАМШЫЛАРЫНЫҢ ЖАНУ ДИНАМИКАСЫ МЕН ДИСПЕРСИЯСЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ**

**Аңдатпа:** Берілген жұмыс жану камерасындағы сұйық отынның тұтануы мен жану процестерін компьютерлік модельдеуге арналған. Жұмыста бүркілген сұйық отындардың жануының негізгі ерекшеліктері, олардың жану камерасы биіктігі бойымен таралуы сандық зерттелінген.

**Түйін сөздер:** жану, модельдеу, сұйық отын, сандық зерттеу.

Математикалық модельдеу әдістері ғылым мен техниканың сан алуан облыстарында кеңінен қолданыс тапты. Осы әдістердің құрамына физикалық және математикалық модельдерді, сандық әдістер мен бағдарламалық қамтуды жасау, есептеуіш техника құралдарын жұмылдыра отырып, сандық тәжірибе жүргізу (оның нәтижелері талданып, қолданбалы мақсаттарда іске асырылады) енеді. Ғылым мен техникада компьютерлік модельдеу әдісінің артықшылықтары ілгеріден белгілі: жобалауды жетілдіру, өңдеуге жұмсалатын шығын санын азайту, өнім сапасын арттыру, қолданбалы шығындардың азаюы және т.б. Сандық модельдеу тәжірибелік және математикалық модельдер арасындағы байланыстың жаңа нұсқаларын тағайындай отырып, ғылыми зерттеулердің өз сипатын да өзгеріске ұшыратады.

Жануы бар ағыстардағы жылу және масса тасымалы процестерін зерттеу облысында математикалық модельдеуді қолдану іргелі, сонымен қатар қолданбалы мәселелердің шешіміне табысты түрде қол жеткізуге мүмкіндіктерді ашатын түрлі бағдарламалық-бағытталған пакеттердің қалыптасуына алып келді.

Жаңа технологияларды бейімдеу айтарлықтай шығынды қажет етеді, осыған байланысты құрылғыларды жобалау және жасау әдістеріне қойылатын талаптар да қатая түсуде. Осылайша қазіргі уақытта тиімді физикалық және математикалық модельдерді жасауға ғана көңіл бөлініп қоймай, сонымен қатар жану камераларындағы конвективті жылу және масса тасымалын сипаттайтын айырымды тендеулер жүйесін сандық жүзеге асырудың жетілген жаңа әдістерін қалыптастыруға да ерекше көңіл бөлініп отыр. Сұйық отындардың жануын математикалық модельдеу күрделі мәселе болып табылады, өйткені, көпсатылы тізбекті химиялық реакциялар, конвекция арқылы импульс, жылу және масса тасымалы, молекулалық тасымал, сәулелену, турбуленттілік, сұйық тамшылардың

булануы сияқты күрделі өзара ұштасып жатқан процестер мен құбылыстардың көп санын ескеруді талап етеді

Сұйық ағыншасын бүрку отынды беруге негізделген жүйелерде, сонымен қатар заманауи авиациялық қозғалтқыштардың жану камераларында кеңінен қолданылады. Көлденең ағынға осы тектес отынды радиал беру түрі отынды бүрку сипатын, түзілетін ағыншаның булану сипаттамаларын жақсартып, бай жану камераларында, сондай-ақ, кедейленген қоспаларды жылдам эзірлеуде немесе отын-ауалы қоспаның алдын ала араласуы мен булануына негізделген камераларда жиі қолданылады. Аталған мәселені сұйық ағыншасының тамшыларға жіктелуін зерттеу үшін де қолдану мүмкіндігі бар.

Нақты форсункалардағы бүрку процесін мұқият тәжірибелік зерттеу бөлшектердің өлшемдері мен сұйық бөлшектерінің ауа ағынын сейілту тығыздығының кең ауқымға таралуына байланысты қиынға соғады. Осы тұрғыда сандық модельдеуді қолдану оң шешім болып табылады, оның құрамына жалпы жағдайда ағыншалар мен сұйық қабықшаларының жіпшелерге, жіпшелердің екінші текті тамшыларға жіктелуі мен әрі қарай осы тамшылардың ауа ағынымен тасымалын модельдеу енеді. Бүрку барысындағы отын қабықшасының түзілу және жіктелу процесін есептеу әдістемесін жетілдіру бөлшектердің қозғалысын анықтау барысындағы бірінші кезекте шешуді талап ететін мәселеге айналады. Осы тұста қолданбалы есептерде үнемі жетілдіріліп отыратын ресурстарға қарамастан бүркуді есептеу кезіндегі бүрку процесі таралатын кеңістік масштабтарының кең ауқымы салдарынан есептеу облысын дискреттеудің қажетті деңгейімен қамтамасыз ету қажеттілігі сияқты кедергілер туындайды.

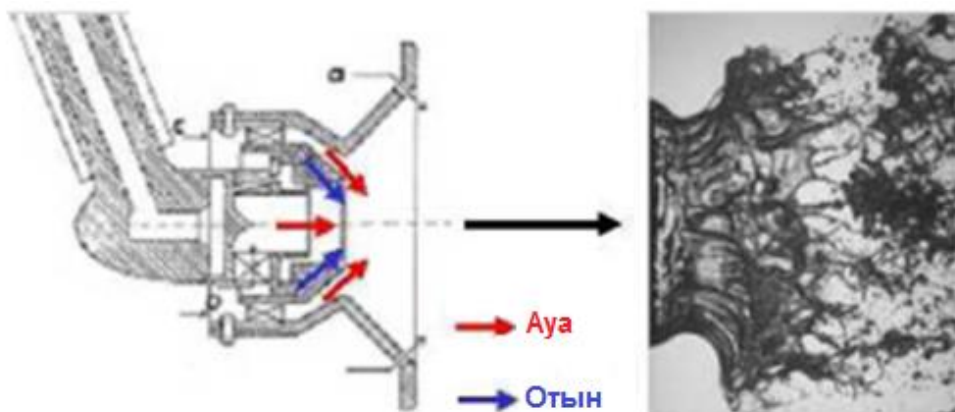
Сұйық отынды газтурбиналы қозғалтқыштың пневматикалық форсункасымен бүрку барысында тамшылардың өлшемі бірнеше микронға жетеді, ал отын каналдарының өлшемі олардан бірнеше есе үлкен болады. Сұйық қабықшасының көптеген тамшыларға бөлінуін сипаттау барысында біртекті торларды қолдану тор моделіне фазалардың ажырау шекарасын дәл шешу талабын қояды. Осының салдарынан есептеуге жұмсалатын шығын да ұлғая береді. Торларды жергілікті ұсақтау арқылы мәселенің шешіміне жуықтауға болады. Алайда, аталған жағдайда модельдеу нәтижелеріне отын-тамшылы ағынның сипаттамаларына байланысты тор моделінің динамикалық өзгерісі әсер етеді.

Авиациялық қозғалтқыштардағы серіктес ауа ағынымен бүркудің әдеттегі құрылымы 1 суретте келтірілген. Мұндай форсункада сұйық отын төменгі қысымда жұқа сақиналы сұйық жапырақшасы түрінде бүркіледі. Жоғары жылдамдықтағы екі ауа ағыны сұйықпен қоса бүркіліп, кинетикалық энергияның үлкен үлесін тасымалдайды. Газ ағынымен осындай әсерлесу салдарынан сұйық жапырағы екі жағынан жіктеледі. Осының арқасында әрі қарай сұйық жапырақтары байланысқан шоғырларға, жіпшелер мен ұсақ тамшыларға бөлінеді.

2 суретте сызба түрінде зымырандық қозғалтқыштарда орын алатын шарттарға сәйкес жағдайдағы серіктес ауа ағынымен бүрку түрі бейнеленген. Мұнда сұйық оттегінің төменгі жылдамдықта бүркілген орталық ағыншасын газ тәрізді сутегінің жоғары жылдамдықты ағыны өз қозғалысымен бірге ілестіріп алып кетеді. Сұйық ағыншасы толқынды сипатқа еніп, содан соң қозғалыстағы газдың жылдамдығының жоғары болуының себебінен жіпшелер мен ұсақ тамшыларға жіктеліп кетеді.

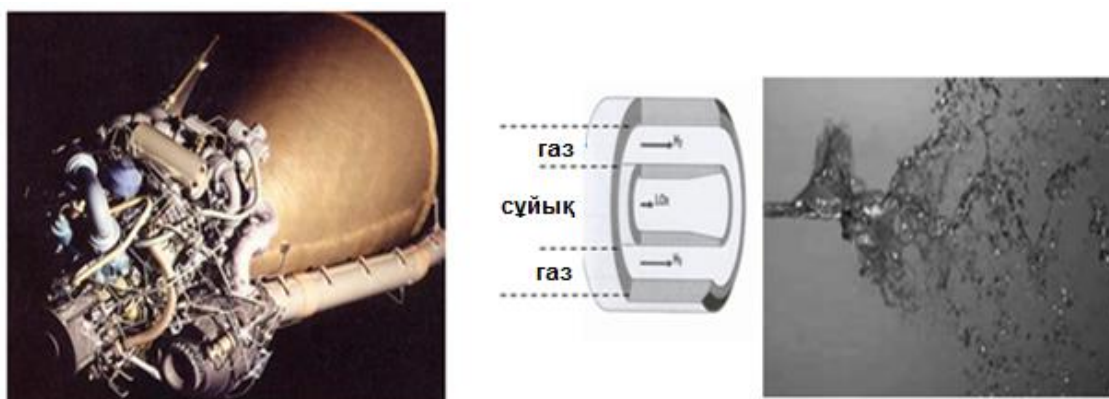
Екі жағдайда да форсункаға жақын маңайда сұйықтың әлі де болса фрагменттерге жіктелмегендігін байқауға болады. Әдетте аталған аймақ сұйық ядросы деп аталады. Ол сұйық массасының фракциясы бірге жуық, ал сұйықтың негізгі массасы мүмкіндігінше бұзыла қоймайтын ағын ауданы ретінде анықталады [1]. Көптеген әсерлесу кешендері сұйық ядросының ажырау шегінде жүзеге асады. Осының салдарынан талшықтар түзіліп, олардың сұйық ядросынан ажырауы орын алады. Сұйық ядросының мұндай кедейлену фазасы бірінші текті бүрку деп аталады.

Сұйық ядросынан ажырап шыққан фрагменттер өзара соқтығысады. Фрагменттер өзара соқтығысуынан бір-бірімен бірігуі немесе жіктелуі мүмкін. Сонымен қатар фрагменттер ұсақ тамшылардың түзілуіне алып келетін газдың жылдам қозғалатын ағынымен де ажыратылуы мүмкін.



1-сурет. Авиациялық қозғалтқыштағы серіктес ауа ағынымен бүрку сызбасы [1]

Үлкен сұйық фрагменттерінің ұсақ сұйық тамшыларына жіктелу фазасын әдетте екінші текті бүрку деп атайды. Тамшының өлшемі неғұрлым кіші болған сайын және булану неғұрлым қарқынды өткен сайын, газ тәрізді реагенттер арасындағы араласу да соғұрлым қарқынды түрде өтеді, сәйкесінше, тиімді жану процесі жүзеге асады.



2-сурет. Зымырандық қозғалтқыштағы серіктес ауа ағынымен бүрку сызбасы [2]

Көптеген тәжірибелерде бірінші текті бүрку процесіне өлшемсіз масштабты параметрлердің көптеген саны қатысатындығы анықталған [3-5]. Осындай параметрлердің ішінде Вебер  $We$  және Рейнольдс  $Re$  сандарын ерекше атап өтуге болады:

$$We = \frac{\rho_g (u_{g,0} - u_{l,0})^2 D_l}{2\sigma}, \quad (1)$$

$$Re_l = \frac{u_{l,0} D_l}{\nu_l}, \quad Re_g = \frac{u_{g,0} (D_g - D_l)}{\nu_g}, \quad (2)$$

мұндағы  $u_{l,0}$  - сұйықтың кіріс жылдамдығы,  $u_{g,0}$  - газ ағынының кіріс жылдамдығы,  $\sigma$  - беттік керілу коэффициенті,  $D_l$  - сұйық ағыншасының кіріс диаметрі,  $D_g$  - серіктес газ ағынының кіріс диаметрі. Негізгі параметрлерге, сондай-ақ, газ және сұйық фазаларының тығыздықтарының, массалары мен динамикалық қысымдарының қатынастарын да жатқызуға болады:  $\rho_l / \rho_g$ ,

$m = \frac{\rho_g u_{g,0} (D_g^2 - D_l^2)}{\rho_l u_{l,0} D_l^2}$  және  $M = \frac{\rho_g u_{g,0}^2}{\rho_l u_{l,0}^2}$ . Осы үш параметрлердің ішіндегі соңғысының, яғни импульстердің қатынасының маңызы зор:

$$M = \frac{\rho_g u_{g,0}^2}{\rho_l u_{l,0}^2}. \quad (3)$$

Біздің жұмыста қолданылатын негізгі отын ол – тетрадекан. Тетрадекан – алкандар тобына жатады, иіссіз, түссіз сұйық болып табылады. Суда ерімейді, тек этанол мен диэтилді эфирде ериді. Бұл көмірсутек молекулалары өте кішкене оптикалық лазерлерде қолданылады. Алкандар - молекула құрамындағы көміртек атомдары өзара тек дара  $\sigma$ -байланыстар арқылы байланысқан жалпы формуласы  $C_n H_{2n+2}$  болатын алифатты қаныққан көмірсутектер.

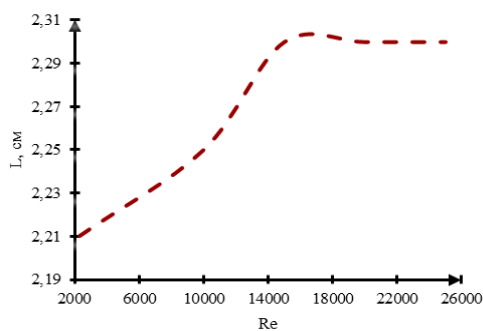
Ең қарапайым алкан метанның құрылымы. Алкандардың молекуласындағы әр көміртек атомының барлық төрт валенттігі толығымен, яғни шетіне дейін сутек және көміртек атомдарымен қаныққан. Сондықтан алкандар қаныққан (шектелген) көмірсутектерге жатады.

Жұмыс барысында тетрадекан отыны үшін бастапқы тиімді бұрку масса мен температура мәндері үшін Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі жану процестеріне сандық зерттеу жүргізілді. Зерттеу барысында тетрадекан үшін бастапқы тиімді масса мәні 6 мг тең деп таңдап алынды [6]. Сұйық отын бастапқы 300 К температурада цилиндр формалы камераға бүркіледі. Камера ішіндегі ауаның температурасы 900 К құрады.

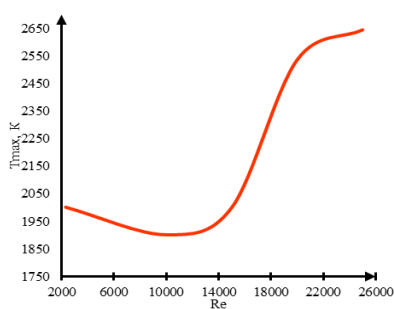
3 суретте жану камерасындағы температуралық алаудың камера биіктігі бойымен өзгерісі бейнеленген. Бізге белгілі себептерге байланысты температуралық алаудың биіктігі Рейнольдс саны артқан сайын жоғарылай береді.  $Re=10000$  болғанда  $L=2,25$  см болса, Рейнольдс саны артқан сайын оның мөлшері тұрақталып, 2,3 см-ге жетеді [7-9].

4 суретте Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі жану камерасындағы жанудың максимал температурасының таралу қисығы келтірілген. Турбулентті ағыстарға тән Рейнольдс саны артқан сайын камера ішіндегі тетрадеканның жану температурасы да арта түседі.  $Re=25000$  болғанда камера ішіндегі максимал температура 2645,2 К дейін жетеді. Бұл жағдай физикалық тұрғыдан былай түсіндіріледі: Рейнольдс саны артқан сайын камера ішіндегі бөлшектердің қозғалыс жылдамдығы да сәйкесінше артады. Осы себепті қоспа мен оттегі жақсы араласып, жану температурасы өзінің максимал мәніне жетеді. Ал температураның минимум мәні 1901,2 К Рейнольдс саны  $Re=10000$  болғанда түзіледі [10].

Төменде тиімді жану режиміндегі тетрадеканның жануын сандық модельдеу нәтижелері келтірілген. Бастапқы шарттарға жүгіне отырып, тетрадекан тамшыларының камера биіктігі бойымен өлшемдері бойынша таралуы 5 суретте келтірілген. Бастапқы тұтану уақытында  $t=0,8$  мс кезінде жану камерасындағы бөлшектер буланып, камера биіктігі бойымен жоғары қарай көтеріледі. Ал кейінгі жану уақыттарында бөлшектердің дисперсиясы азайып, жану процесі көбінесе камераның төменгі бөлігінде өтеді.

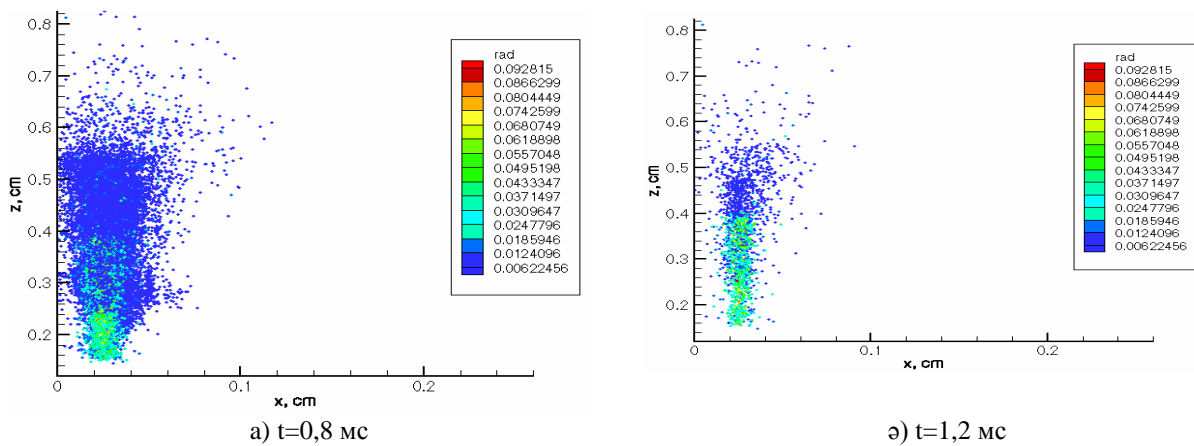


3 сурет. Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі температуралық алаудың биіктігі



4 сурет. Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі жану камерасындағы максимал температураның таралуы



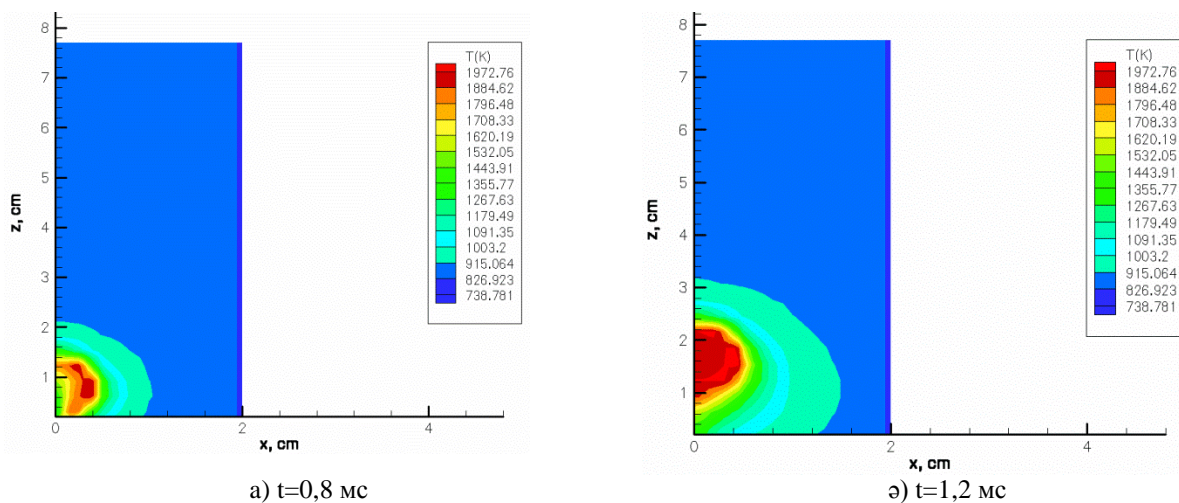


5 сурет. Тетрадекан тамшыларының радиус бойынша камера кеңістігіндегі дисперсиясы

Келесі 6 суретте жану камерасы биіктігі бойымен максимал температураның таралуы кескінделген. Суреттен көрініп тұрғанындай, жану камерасындағы максимал температура мәні  $t=0,8$  мс мәнінде 1972,76 К құраса, жалпы максимал температура 2645,2 К тең болды. Жану камерасындағы температуралық алау мәні камераның 2,3 см биіктігінде орнайды. Графиктерден камера ішіндегі температураның 2,5 мс ішіндегі өзгерісін көруге болады. Бастапқы уақыт мезетінде бұрку облысында жылудың сұйық тамшыларының булануына жұмсалуды есебінен температура аздап төмендейді. Басқа уақытта камера 915,064 К дейін қыздырылады. Отын буының қоспасы тотықтырғышпен араласып жанған кезде жылдам жанып, жану камерасының жарты облысын алау алып жатыр.

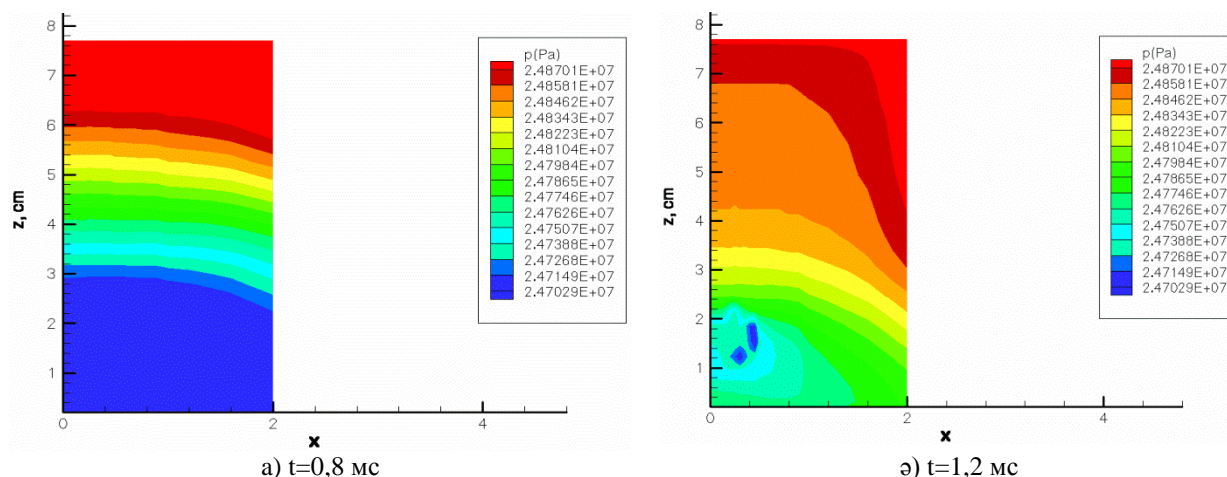
7 суретте тетрадеканның жануы нәтижесіндегі камера ішіндегі қысымның таралуы сипатталған.  $t=0,8$  мс уақыт мезетінде жану камерасындағы қысым 247 бар,  $t=1,2$  мс және  $t=2,5$  мс уақыт мезеттерінде  $P=248$  бар қысымды құрайды.

Жұмыста жоғары турбулентті ағыстарды сипаттайтын екіөлшемді дербес туындылы дифференциалдық теңдеулерді шешу негізінде және статистикалық модельдеу әдістерін басшылыққа ала отырып, сұйық отынның тұтануы мен жану процестеріне компьютерлік тәжірибелер жүргізілді. Есептеу жұмыстарын жүргізу үшін іргелі физикалық сақталу заңдары мен заманауи сандық әдістер қолданылады. Олар өз кезегінде сұйық отынның жануының нақты процесін дұрыс, жеткілікті жоғары дәлдікпен бейнелей алады.



6 сурет. Жану камерасының биіктігі бойымен максимал температураның таралуы





7 сурет. Тетрадеканның жануы нәтижесіндегі камера ішіндегі қысымның таралуы

Жұмыста Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі сұйық отынның (тетрадекан) жануы мен дисперсиясына әсері сандық тұрғыдан зерттелінді. Рейнольдс санының әр түрлі мәндеріндегі жану камерасындағы жанудың максимал температурасының таралу қисығы келтірілді. Турбулентті ағыстарға тән Рейнольдс саны артқан сайын камера ішіндегі тетрадеканның жану температурасы да арта түсті.  $Re=25000$  болғанда камера ішіндегі максимал температура  $2645,2$  К дейін жетеді. Бұл жағдай физикалық тұрғыдан былай түсіндіріледі: Рейнольдс саны артқан сайын камера ішіндегі бөлшектердің қозғалыс жылдамдығы да сәйкесінше артады. Осы себепті қоспа мен оттегі жақсы араласып, жану температурасы өзінің максимал мәніне жетеді. Ал температураның минимум мәні  $1901,2$  К  $Re=10000$  болғанда түзілді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Peters N., Paczko G., Seiser R. and others. Temperature cross-over and non-thermal runaway at two-stage ignition of n-heptane // *Combustion and Flame*. - 2002. - Vol. 128. - P. 38-59.
- [2] Halstead M.P., Kirsch L.J., Quinn C.P. The autoignition of hydrocarbon fuels at high temperatures and pressures—Fitting of a mathematical model // *Combustion and Flame*. - 1977. - Vol. 30. - P. 45-60.
- [3] Pilch M., Erdman C. Use of breakup time data and velocity history data to predict the maximum size of stable fragments for acceleration-induced breakup of a liquid drop // *International Journal of Multiphase Flow*. - 1987. - Vol.13. - P. 741-757.
- [4] Joseph D.D., Huang A., Candler G. V. Vaporization of a liquid drop suddenly exposed to a high-speed airstream // *Journal of Fluid Mechanics*. - 1996. - Vol. 318. - P. 223-236.
- [5] Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Березовская И.Э., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С. Исследование влияния угла распыла на процесс горения двух видов топлив при высоких давлениях // *Материалы Международной заочной научно-практической конференции «Физико-математические науки и информационные технологии: теория и практика»*. - Новосибирск, Россия, 2012. - С. 138-145.
- [6] Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Березовская И.Э., Оспанова Ш.С. Компьютерное моделирование распределения максимальной температуры горения жидких топлив по высоте камеры сгорания // *Материалы международной научной конференции, посвященной 75-летию академика НАН РК Абдильдина М.М.* - Алматы, 2013. - 109 с.
- [7] Castanet G., Lavieille P., Lemoine F., Lebouché M., Atthasit A., Biscos Y., Lavergne G. Energetic budget on a evaporating monodisperse droplet stream using combined optical methods. Evaluation of the convective heat transfer // *International Journal of Heat and Mass Transfer*. - 2002. - Vol.45, №25. - P. 5053-5067.
- [8] Mikami M., Oyagi H., Kojima N., Kikuchi M., Wakashima Y., Yoda S. Microgravity Experiments on Flame Spread along Fuel-Droplet Arrays Using a New Droplet-Generation Technique // *Combustion and Flame*. - 2005. - Vol. 141, №3. - P. 241-252.
- [9] Beale J.C., Reitz R.D. Modeling spray atomization with the kelvin-helmholtz / rayleigh-taylor hybrid model // *Atomization and Sprays*. - 1999. - Vol. 9. - P. 623-650.
- [10] Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Максимов В.Ю., Максутханова А.М., Шортанбаева Ж.К., Оспанова Ш.С. 3D-моделирование процессов при сжигании низкосортных углей в камерах сгорания // *Вестник КазНУ. Серия физическая*. - Алматы, 2013. - №2(45). - С. 61-66.

Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К., Максимов В.Ю.  
Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.

**Компьютерное моделирование динамики горения и дисперсию капель жидкого топлива**

**Резюме:** Данная работа посвящена компьютерному моделированию воспламенения и процессов горения жидкого топлива в камере сгорания. В работе исследованы основные свойства горения жидких топлив, распределения капель по высоте камеры сгорания.

**Ключевые слова:** горение, моделирование, жидкое топливо, численное моделирование.

Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.  
Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.

**Computer modeling of combustion dynamics and dispersion of liquid fuel droplets**

**Summary:** This paper is devoted to computer simulation of ignition and combustion processes of liquid fuel in the combustion chamber. The main properties of the combustion of liquid fuels, the distribution of droplets along the height of the combustion chamber are investigated.

**Key words:** combustion, modeling, liquid fuel, numerical simulation.

УДК: 532.517.4

**Ә.С. Асқарова, С.Ә. Бөлегенова, С.Ә. Бөлегенова, Ж.Қ. Шортанбаева  
В.Ю. Максимов, Ш.С. Оспанова, А.З. Нурмуханова**  
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби  
Алматы, Республика Казахстан)

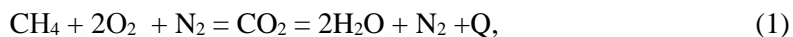
**LES ТУРБУЛЕНТТІЛІКТІ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН МЕТАН ГАЗЫНЫҢ  
ЖАНУЫН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ**

**Аңдатпа:** Берілген жұмыста жану камерасындағы метан газының турбулентті жану процесі LES әдісімен зерттелінді. Жану нәтижесінде метан бөлшектерінің аэродинамикасы мен жылдамдықтың профилдеріне қол жеткізілді.

**Түйін сөздер:** метан, жану, аэродинамика, модельдеу, турбуленттілік.

Метан – табиғи газдың негізгі құраушысы. Оны моторлы отын ретінде сығылған күйде жиі қолданады. Метанды дәстүрлі мұнай өнімдері, бензин мен дизель отынына қарағандағы қолданудың басты артықшылығы – оның тиімді бағасы. Мысалы, Ресей табиғи газ қоры бойынша әлемде көшбасшы болып саналады. Метанды өңдеу үшін зауыттар мен құны қымбат құрылғылардың қажеті жоқ. Өндірілген газды компрессорда сығып, құрылғыға енгізу қажет. Метанның құны сонымен қатар заң тұрғысынан қадағаланып, А-80 бензинінің 50%-нан аспауы тиіс. Дәстүрлі отын түрлері табиғи газдан 2-3 есе қымбат тұрады және құны ұдайы өсуде.

Метан газының жануының жалпыланған реакциясын келесі түрде жазуға болады:



мұндағы метан (CH<sub>4</sub>) – отын, оттегі (O<sub>2</sub>) – тотықтырғыш, көмірқышқыл газы (CO<sub>2</sub>) және су (H<sub>2</sub>O) – реакция өнімдері, азот (N<sub>2</sub>) – инертті араластырғыш. Өзгермелі қоспадағы инертті араластырғыштың барын ескеру қажет. Сонда метан газының жануы кезінде өзгермелі қоспа бескомпонентті болады деп болжанады.

Алынған жорамал мен болжамдарды ескере отырып, берілген есеп математикалық түрде мына теңдеулер бойынша сипатталады. Берілген жұмыста турбулентті метан ағыншаларының диффузиялы жануы туралы мәселе қарастырылып отыр. Биіктігі  $h$  тегіс тесіктен бастапқы жылдамдығы  $u_{01}$ , бастапқы температурасы  $T_{01}$  және отынның бастапқы концентрациясы  $c_{01}$  болатын метанның турбуленттік ағыншасы ағып жатыр. Тотықтырғыштың серіктік ағыны мынандай бастапқы параметрлерге ие:  $u_{02}$ ,  $T_{02}$ ,  $c_{02}$ . Метан ағыншалары және тотықтырғыш ағыны араласатын аймақта диффузиялық алау тудыра отырып жалын фронты пайда болады.

Сонымен қатар келесі жуықтаулар мен болжаулар қолданылады.

1. Есеп екі өлшемді стационарлық шекаралық қабат жуықтауында қарастырылады.

2. Қоспаның барлық компоненттерінің меншікті жылусыйымдылықтары тең және температураға байланысты емес.

3. Шағылуға аз әсер ететін жылу шығынын елемеу. Ағыс турбуленттік болғандықтан, өрлеуші күш әсері, сондай-ақ Сорэ және Дюфур эффектілері өте аз болып табылады.

4. Барлық компоненттердің диффузия коэффициенттері өзара тең және температура өткізгіштік коэффициенті тең  $Le=1$ .

Үзіліссіздік теңдеуі:

$$\frac{\partial(r\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(r\rho v)}{\partial r} = 0. \quad (5)$$

Қозғалыс теңдеуі:

$$\rho u \frac{\partial u}{\partial x} + \rho v \frac{\partial u}{\partial r} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \mu_{eff} \frac{\partial u}{\partial r} \right) + (\rho - \rho^*) g_x. \quad (6)$$

Энергия теңдеуі:

$$\rho u c_p \frac{\partial T}{\partial x} + \rho v c_p \frac{\partial T}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \lambda_{eff} \frac{\partial T}{\partial r} \right) + Q w_1. \quad (7)$$

Қоспа компоненттері концентрациясын орын ауыстыру теңдеуі:

$$\rho u \frac{\partial c_i}{\partial x} + \rho v \frac{\partial c_i}{\partial r} = \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r D_{eff} \frac{\partial c_i}{\partial r} \right) \pm w_i, \quad i = 1, 2, 3, 4, \quad (8)$$

мұндағы  $Q$  – отынның бірлік массасына анықталған, реакцияның жылудық эффектісі;  $i$  – қоспа компонентінің номері,  $w_i$  – химиялық реакцияның жылдамдығы,  $\mu_{eff}$ ,  $\lambda_{eff}$ ,  $D_{eff}$  – сәйкесінше тұтқырлықтың, жылуөткізгіштіктің және диффузияның эффективті коэффициенттері.

Ірі құйындарды модельдеу әдісінде кеңістік бойынша фильтрленген Навье-Стокс теңдеулері мен тек ірі құйындардың қозғалысы ғана шешіледі [1-3]. Бұл әдіс екі тұжырымға негізделген. Біріншісі – жылдамдық өрісін ірі және ұсақ құйындардың қозғалысына жіктеуге болады, сонымен қатар ірі құйындардың қозғалысын жеке өз алдына есептеу мүмкіндігі бар, бұл ұсақ масштабты турбулентті қозғалыстың изотроптылығына және универсалдылығына байланысты. Екінші тұжырым – ірі және ұсақ құйындардың арасындағы бейсызық өзара әсерлесуді ұсақ торлы масштабта аппроксимациялау мүмкіндігі қарастырылған.

Ірі масштабты құйындарды ұсақтарынан ажырату үшін фильтрлеу операциясы қолданылады:

$$\bar{f}(\vec{x}) = \int f(\vec{\xi}) G(\vec{x}, \vec{\xi}, \Delta) d\xi d\eta d\zeta, \quad (19)$$

мұндағы  $G$  – фильтрлеу функциясы,  $\Delta$  – турбуленттіліктің ең ұсақ масштабын анықтайтын фильтрдің ені. Сығылмайтын сұйық ағысы үшін фильтрленген Навье-Стокс теңдеулері мынадай болады:

$$\frac{\partial v_i}{\partial x_i} = 0, \quad (20)$$

$$\frac{\partial v_i}{\partial t} + \frac{\partial(\overline{v_i v_j})}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} - \frac{\partial \tau_{ij}^*}{\partial x_j} + \nu \frac{\partial^2 \bar{v}_i}{\partial x_j^2}.$$

Мұндағы ұсақмасштабты құрылымдардың сұйықтың қозғалысына әсері тұтқыр кернеу тензорымен сипатталады:

$$\tau_{ij}^* = \overline{v_i v_j} - \bar{v}_i \bar{v}_j. \quad (21)$$

Берілген тұтқыр кернеу тензорын үшке жіктеп қарастыруға болады.

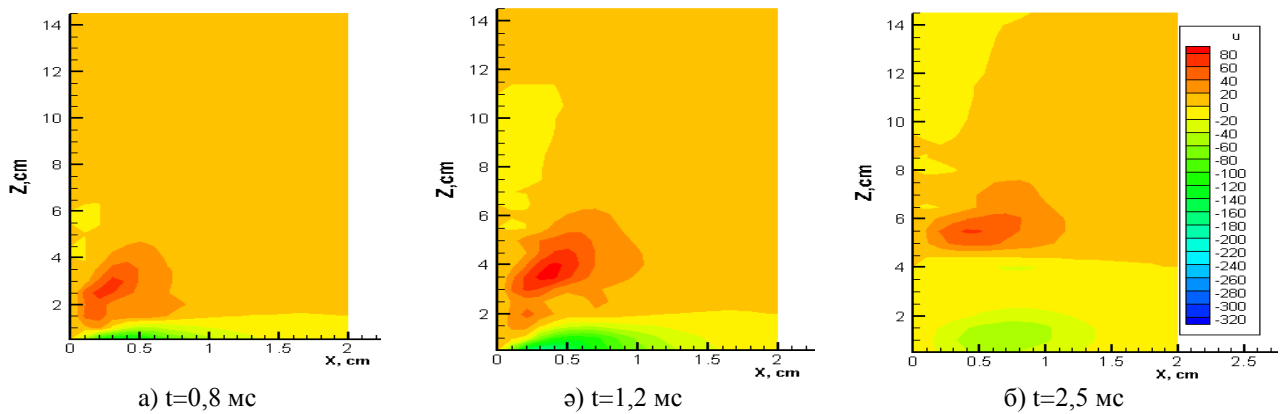
$$\tau_{ij} = L_{ij} + C_{ij} + R_{ij}, \quad (22)$$

мұндағы  $L_{ij} = \overline{u_i u_j} - \overline{u_i} \overline{u_j}$  - Леонард кернеулері (ірі құйындардың өзара әсерлесуі),  $C_{ij} = \overline{u_i' u_j'} + \overline{u_i' u_j}$  - аралас кернеулер (ұсақ және ірі құйындардың әсерлесуі),  $R = \overline{u_i' u_j'}$  - Рейнольдс кернеулері (ұсақ құйындар арасындағы өзара әсерлесу).

Аталған әдіс Рейнольдс санының жоғары мәндеріндегі күрделі турбулентті ағыстарды есептеу үшін кеңінен қолданылады. Өйткені, DNS әдісімен салыстырғанда есептеу шығынын аз талап етеді.

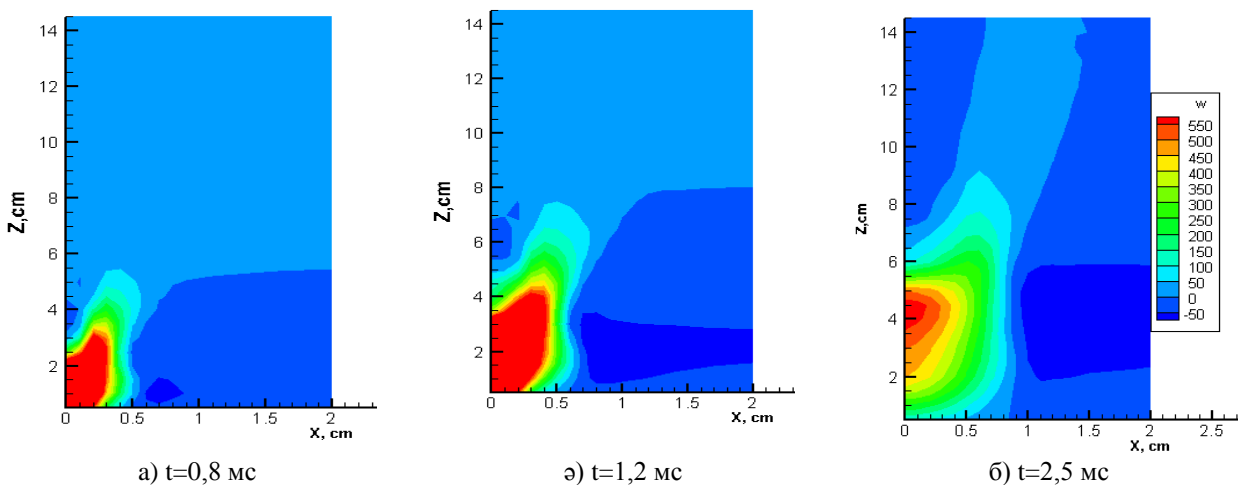
Жұмыста метан газының жану тиімді режиміндегі процестерінің компьютерлік тәжірибелері келтірілген. Төменде 125 микрон Саутерлік орташа радиус мәніндегі метанның физика-химиялық қасиеттерін сипаттайтын графиктер кескінделген.

1 суретте әр түрлі уақыт мезеттеріндегі жану камерасындағы жылдамдықтың көлденең құраушысының таралуы бейнеленген. Бастапқы 0,8 мс уақыт мезегінде жану камерасының көп бөлігіндегі метанның жану жылдамдығы 20 м/с құраса, камераның өсінде  $t=2,5$  мс оның мәні 80 м/с максимум мәніне жетеді [4-6].



1 сурет. Әр түрлі уақыт мезеттеріндегі 125 микрон мәніндегі жылдамдықтың көлденең құраушысының таралуы

Келесі 2 суретте жану камерасының ішіндегі жылдамдықтың бойлық құраушысының таралуы бейнеленген. Камераның өсінде жылдамдық өзінің максимум 550 м/с мәніне жетеді. Ал қалған уақытта камераның басқа аймағында жылдамдықтың мәні 50 м/с тең болды.

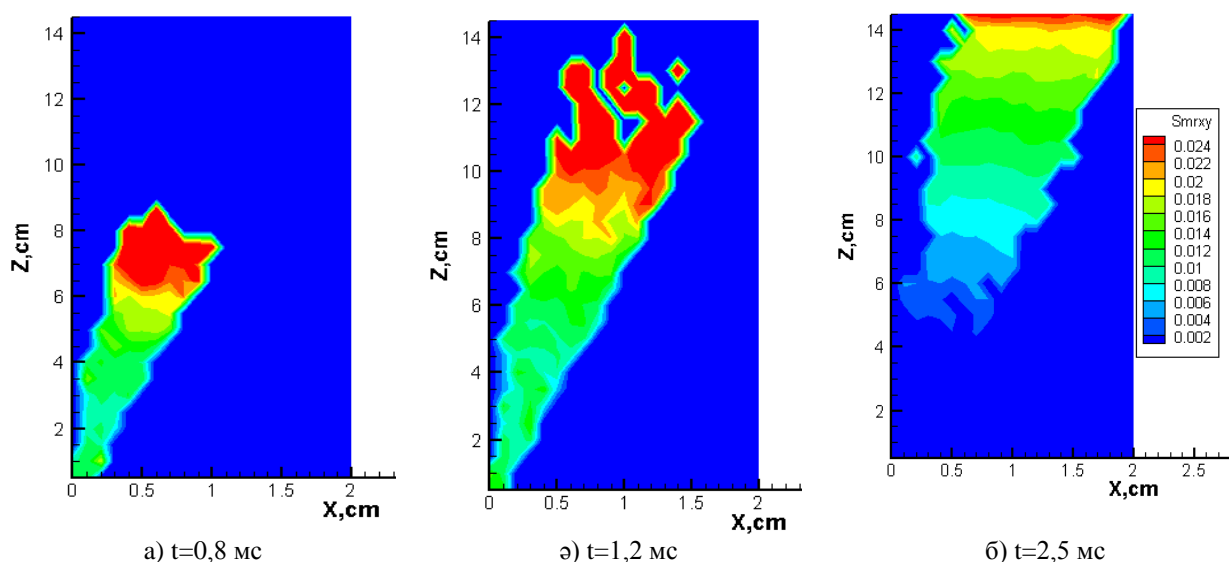


2 сурет. Әр түрлі уақыт мезеттеріндегі 125 микрон мәніндегі жылдамдықтың бойлық құраушысының таралуы

3 суретте жану камерасындағы метан бөлшектерінің камера биіктігі бойымен таралуы бейнеленген. Суреттен көрініп тұрғанындай, бастапқы уақытта өлшемдері максимал метан бөлшектері камераның төменгі бөлігінде шоғырланса, уақыт өткен сайын олар камераның биіктігі бойымен жоғары қарай көтеріледі.

Гомогенді алауда реагенттердің ығысу процесі алаудың көлемінен тыс іске асырылады, ендеше жану зонасына алдын-ала дайындалған қоспа түседі. Ығысу процесі ереже бойынша, диффузиялыққа карағанда өте қысқа және басымырақ болып табылады. Жану ол жерде практика жүзінде ағыстың бастапқы аумақ шегінде, яғни алғашқы үш-бес калибр аралығында толығымен аяқталады. Араласпаған газдардың жануы кезінде ығысу процестері және компоненттердің жануы бір мезгілде тікелей реакция зонасында ағып өтеді. Бұл жағдайда алау асабойлаған болады. Оның ұзындығы ондаған және тіпті жүздеген калибрді құрайды.

Ағысты қозғалыстың типі бойынша газдық жалындар үлкен екі топқа бөлінуі мүмкін. Алғашқысына шектелмеген ортада таралатын еркін алаулар, екіншісіне – шектелген кеңістікте дамитын және қатты беттермен өзара әрекеттесетін алаулар жатады. Арадағы орынды ағыспайда болған қатты қабырғаны жағалай қозғалатын жартылай шектелген алау алып тұрады. Ол жерде жартылай шектелген ағыстағы сияқты екі шекаралық қабат – еркін және қабырғалық сәйкес келеді.



**3 сурет.** Әр түрлі уақыт мезеттеріндегі 125 микрон мәніндегі метан бөлшектерінің таралуы

Әр түрлі Саутерлік радиус мәндеріндегі жану камерасындағы метанның жануы нәтижесіндегі көлденең жылдамдық құраушысының таралуы бейнеленді. Бастапқы 25 микрон мәнінде жылдамдық максимал мәнге ие болады, 200 м/с. Бөлшектердің радиусы артқан сайын жылдамдық камера биіктігі бойымен кеми түсті. Соңғы 100 және 125 микрон мәндерінде жылдамдық минимумға ұмтылды, 80 м/с.

Әр түрлі уақыт мезеттеріндегі жану камерасындағы жылдамдықтың көлденең құраушысының таралуы бейнеленді. Бастапқы 0,8 мс уақыт мезетінде жану камерасының көп бөлігіндегі метанның жану жылдамдығы 20 м/с құраса, камераның өсінде  $t=2,5 \text{ ms}$  оның мәні 80 м/с максимум мәніне жетті. Жану камерасының ішіндегі жылдамдықтың бойлық құраушысының таралуы бейнеленді. Камераның өсінде жылдамдық өзінің максимум 550 м/с мәніне жетеді. Ал қалған уақытта камераның басқа аймағында жылдамдықтың мәні 50 м/с тең болды.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Goldfeld M.A., Starov A.V., Vinogradov V.A. Experimental Study of Scramjet Module // J. Propulsion and Power. - 2001. - Vol.5. - P.100-110.
- [2] Goldfeld M.A., Nestoulia R.V., Starov A.V., et al. Investigation of Base Pressure behind the Injector Section in a Supersonic Combustion Chamber // XV International Symposium on Air Breathing Engines. - Bangalore. - 2001. - P.21-24.

[3] Mishunin A.A., Nestoulia R.V., Starov A.V. Fuel Supply Systems for Investigation of Combustion Process in Hot-Shot Wind Tunnels // International Conference on the Methods of Aerophysical Research. - Novosibirsk. - 2000. - Vol.2. - P.144-148.

[4] Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Бекмухамет А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т., Оспанова Ш.С. Численное исследование процесса горения для различных концентраций топлива // 18-ая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых. – Красноярск, 2012. – С.709-710.

[5] Askarova A., Bolegenova S., Maximov V., Bekmuhamet A., Ospanova Sh., Beketaeva M. Investigation of formation of burning harmful emissions at methane // Proceedings of the 3<sup>rd</sup> International conference on Mathematical models for engineering science. – Paris, 2012. – P. 276-279.

[6] Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Бекмухамет А., Максимов В.Ю., Бекетаева М.Т., Оспанова Ш.С. Численное исследование процесса горения турбулентной струи для различных концентраций топлива // 18-ая Всероссийская научная конференция студентов-физиков и молодых ученых. – Красноярск, 2012. – С.710-711.

Аскарлова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К.  
Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.

**Численное исследование горения метана методом les моделирования турбулентности**

**Резюме:** В данной работе методом LES был исследован процесс турбулентного горения метана. Были получены аэродинамика и профили скорости частиц метана.

**Ключевые слова:** метан, горение, аэродинамика, моделирование, турбулентность.

Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.  
Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.

**Numerical study of the combustion of methane by les method of simulation of turbulence**

**Summary:** In this work, the LES method was used to investigate the process of turbulent combustion of methane. Aerodynamics and velocity profiles of methane particles were obtained.

**Key words:** methane, combustion, aerodynamics, modeling, turbulence.

УДК 681.7.068

<sup>1</sup>Г.Б. Кашаганова, <sup>2,3</sup>А.У. Калижанова

(<sup>1</sup>Казахско-Американский университет

<sup>2</sup>Алматинский университет энергетики и связи

<sup>3</sup>Институт информационных и вычислительных технологий АН МОН РК  
Алматы, Республика Казахстан, guljan\_k70@mail.ru)

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА ДЛЯ  
МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ MATLAB**

**Аннотация.** Дан анализ математических моделей, позволяющих проводить расчет параметров волоконных решеток Брэгга.

**Ключевые слова:** волоконная оптика, волоконные решетки Брэгга, теория связанных мод, метод эффективного показателя, метод матрицы рассеяния, метод Руарда.

Волоконная оптика является одной из интенсивно развивающихся областей современной науки, её достижения в настоящий момент востребованы как во многих научных исследованиях, так и в практических приложениях [1]. Одним из наиболее ярких достижений волоконной оптики является создание волоконных датчиков, лазеров, имеющих широкий круг различных применений, таких как волоконно-оптические линии связи, медицина, метрология, спектроскопия, промышленная обработка материалов и т.д.

Несмотря на улучшения технологий производства оптического волокна и продвижения в области в целом, соединить основные оптические устройства, как зеркала, длинноволновые фильтры и частичные отражатели, с оптическим волокном оставалось многообещающей, но не решённой задачей. Однако, с появлением возможности изменять показатель преломления в одномодовом оптическом волокне путём поглощения ультрафиолетового излучения, дело приобрело другой характер. Фоточувствительность оптических волокон позволяет создавать фазовые структуры, называемые решетками Брэгга, непосредственно в сердцевине волокна. Волоконные решетки Брэгга (ВРБ) могут выполнять много важных функций, например, отражение и фильтрация с большой эффективностью и низкими потерями. Это свойство стало основой для многих значительных инноваций.

Спектральные свойства являются одной из важнейших характеристик волоконных решеток Брэгга. Как правило, при изготовлении и эксплуатации ВБР регистрируют спектры отражения/пропускания решеток, а также динамику изменения спектров. В первую очередь обращают внимание на такие спектральные параметры, как положение пика отражения/пропускания, его ширина и глубина. Вместе с тем, интерес представляют и другие характеристики, например, глубина и отстройка боковых лепестков, селективные коротковолновые потери, обусловленные связью с оболочечными модами, и т.д.

Для понятия и вычисления этих характеристик мы используем математическое моделирование.

Для анализа распространения электромагнитных волн в световодах, содержащих решетки Брэгга, был разработан ряд методов [2]. Взаимодействие мод световода обычно описывается с помощью теории связанных мод, в рамках которой предполагается, что на определенной длине волны только две моды удовлетворяют условию фазового синхронизма и, таким образом, могут эффективно передавать друг другу энергию. Кроме того, предполагается, что поля мод в присутствии слабого периодического возмущения остаются неизменными. Изначально теория связанных мод была разработана для однородных решеток, однако Когельник [3] распространил модель и на аперидические структуры. Метод формализма связанных мод применяется только в наиболее общих случаях, поскольку система связанных дифференциальных уравнений для неоднородных решеток не будет иметь аналитического решения. Также для анализа решеток были разработаны матричные методы, такие как метод эффективного показателя (effective index method – EIM) [4] и метод матрицы рассеяния (transfer matrix method – TMM) [5]. В методе EIM решетка делится на секции, длина каждой из которых намного меньше наименьшего значения периода возмущения. Поля рассчитываются внутри каждой секции с использованием метода эффективного показателя преломления из интегральной оптики. При этом считается, что показатель преломления в ее пределах остаётся постоянным. Поля внутри каждой секции согласуются с полями предыдущих и последующих секций, образуя матрицу отношений между левой и правой частями каждой секции. Общая матрица, полученная умножением индивидуальных матриц этих секций, характеризует полную структуру. Этот подход чрезвычайно удобен для описания интегрально-оптических решёток, где максимальная длина структуры составляет всего несколько миллиметров. Однако в случае волоконных решеток, длина которых часто достигает нескольких сантиметров, этот метод может потребовать непомерно большого времени вычисления.

В методе матрицы рассеяния решетка делится на секции, длина каждой из которых много больше наибольшего периода возмущения. Внутри каждой секции модуляция показателя преломления считается постоянной. Каждая такая секция описывается матрицей рассеяния, соответствующей однородной решётке, а вся структура характеризуется общей матрицей, полученной из частных матриц. Этот подход удобен для периодических и аперидических структур, а также для длинных решёток. Для анализа решеток также было предложено несколько менее известных методов.

Теория связанных мод является подходящим инструментом для анализа и получения качественной информации о спектре волоконной решетки Брэгга. Метод матрицы рассеяния может быть использован для решения однородных и неоднородных волоконных решеток Брэгга.

**Теория связанных мод.** Определение электромагнитных полей с помощью теории связанных мод нашло широкое применение при моделировании оптических волноводов. Аналогичную методику расчета можно применить при анализе волоконных решеток Брэгга.



Оптическое волокно будем считать одномодовым, без потерь на распространение и слабо направляющим (разность между показателями преломления оболочки и сердцевинки маленькая). Предполагается что электромагнитное поле перпендикулярно оси  $z$  волокна, а состояние поляризации сохраняется в процессе распространения (т.е. свет поляризован вдоль оси  $x$ ). Теории связанных мод приводит к набору дифференциальных уравнений первого порядка, описывающие изменение амплитуды поля вдоль волокна.

Кроме того, модуляция показателя преломления решетки принимается однородной и ограничена сердцевинкой волокна. Возмущение показателя преломления  $n(z)$  определяется как

$$n(z) = n_0 + \Delta n_{ac}(z) \cos\left(\frac{2\pi}{\Lambda_d} z + \theta(z)\right) + \Delta n_{dc}(z), \quad (1)$$

где  $n_0$  – показатель преломления сердцевинки без возмущения,  $\Delta n_{ac}$  и  $\Delta n_{dc}$  – амплитуды переменной и постоянной составляющих модуляции показателя преломления, соответственно, а  $\Lambda_d$  – период решётки,  $\theta(z)$  – функция чирпа. Огибающие волн, бегущих вперед и назад ( $u$  и  $v$ , соответственно) взаимно связаны уравнением связанных мод для слабых коэффициентов связи  $du(z, \delta)$

$$\begin{aligned} \frac{du(z, \delta)}{dz} &= +i\delta u + q(z)v, \\ \frac{dv(z, \delta)}{dz} &= -i\delta v + q^*(z)u, \end{aligned} \quad (2)$$

где  $\delta = \beta - \pi/\Lambda_d$  называется расстройкой волнового числа ( $\beta = \kappa n_d$  – постоянная распространения). Функция  $q(z)$  называется коэффициентом связи, а её амплитуда и фаза определяются как

$$\begin{aligned} |q(z)| &= \frac{\eta \pi \Delta n_{ac}(z)}{\lambda}, \\ \text{Arg}(q(z)) &= \frac{\pi}{2} + \theta(z) - 2\eta k \int_0^z \Delta n_{ac}(z') dz', \end{aligned} \quad (3)$$

где  $\eta$  – часть мощности, которая распространяется в сердцевинке волокна.

**Аналитическое решение для однородных ВРБ.** Однородные ВРБ имеют постоянные значения  $\Delta n_{ac}, \Delta n_{dc}$  и  $L$  в диапазоне  $0 \leq z \leq L$ . В этом случае, уравнения связанных мод могут быть решены аналитически дифференцированием уравнений (2) и заменой первых производных уравнениями (2). Например, для  $u(z, \delta)$ , мы имеем

$$\frac{d^2 u(z, \delta)}{dz^2} = (|q|^2 - \delta^2)u \quad (4)$$

Уравнения такого же типа могут быть получены для  $v(z, \delta)$  [6]. Используя соответствующие граничные условия, амплитуда отражения  $r(\delta)$  и амплитуда пропускания  $t(\delta)$  могут быть найдены как

$$\begin{aligned} r(\delta) &= \frac{-q \sinh(\gamma L)}{\gamma \cosh(\gamma L) - i\delta \sinh(\gamma L)}, \\ r(\delta) &= \frac{\gamma}{\gamma \cosh(\gamma L) - i\delta \sinh(\gamma L)} \end{aligned} \quad (5)$$

где  $\gamma^2 = |q|^2 - \delta^2$ . Интерпретируемое выражение  $q$  получается для периода, в точности соответствующего физическому периоду  $\Lambda$  и для эффективного показателя преломления  $n_0 + \Delta n_{ac}$  (таким образом, интегральный член в (3) исчезает). В этом случае фактор фазы коэффициента связи уменьшается до  $\pi/2$ , и значит,  $q = i/|q| = i \cdot \eta \cdot \pi \cdot \Delta n_{ac} / \lambda$ .

**Числовое решение уравнения Риккати для неоднородных ВРБ.** Пусть функция  $r(z, d) = v(z, d)/u(z, d)$  [6]. Тогда уравнение Риккати может быть получено дифференцированием  $r$  по  $z$  и заменой уравнений (2)

$$\frac{dr(z, \delta)}{dz} = -q(z)r^2 - 2i\delta r + q^*(z), \quad (6)$$

Используя граничное условие  $r(L, \delta) = 0$ , уравнение может быть численно решено с конца решётки назад до  $z=0$  с использованием метод Рунге-Кутта. Амплитуда коэффициента отражения находится как  $r(\delta) = r(0, \delta)$ . Обычно вычисление методом Рунге-Кутта требует большего числа ступеней, чем метод T- матрицы.

**Метод матрицы рассеяния.** В методе матрицы рассеяния [3, 6, 7] решетка делится на N участков длины  $\Delta_j (j = 1, \dots, N)$ , в каждом из которых параметры  $\Delta n_{ac}$ ,  $\Delta n_{tk}$  и  $\Lambda$  считаются постоянными. Затем решётка определяется N секциями с коэффициентами связи  $q_j$  и физической шириной  $\Delta_j$

Зная поля  $u_j$  и  $v_j$  на входе секции j, можно найти поля  $u_{j+1}$  и  $v_{j+1}$  на её выходе. Это обстоятельство может быть представлено в форме выражения с транспортной матрицей:

$$\begin{bmatrix} u_j \\ v_j \end{bmatrix} = T_j \begin{bmatrix} u_{j-1} \\ v_{j-1} \end{bmatrix}, \quad (7)$$

где

$$T_j = \begin{bmatrix} \cosh(\gamma_j \Delta_j) + i \frac{\delta}{\gamma_j} \sinh(\gamma_j \Delta_j) & \frac{q_j}{\gamma_j} \sinh(\gamma_j \Delta_j) \\ q_j^* \sinh(\gamma_j \Delta_j) & \cosh(\gamma_j \Delta_j) - i \frac{\delta}{\gamma_j} \sinh(\gamma_j \Delta_j) \end{bmatrix}, \quad (8)$$

где  $\gamma_j^2 = |q_j|^2 - \delta^2$ . Поля  $u_l$ ,  $v_l$  и  $u_{N+1}$ ,  $v_{N+1}$  относятся, соответственно, к входу и выходу решётки. Между собой они соотносятся как

$$\begin{bmatrix} u_{N+1} \\ v_{N+1} \end{bmatrix} = T_N \cdot \dots \cdot T_j \cdot \dots \cdot T_1 \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = T \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} T_{11} & T_{12} \\ T_{21} & T_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} u_1 \\ v_1 \end{bmatrix}. \quad (9)$$

Амплитуда коэффициента отражения  $r(\delta)$  определяется с граничными условиями  $u_l$  и  $v_{N+1} = 0$ :  $r(\delta) = v_l = -T_{21}/T_{22}$ . Амплитуда коэффициента пропускания  $t(\delta)$  находится при граничных условиях  $u_l = 0$  и  $v_{N+1} = 1$ :  $t(\delta) = v_l = 1/T_{22}$ .

Предложенная формулировка матрицы рассеяния принимает во внимание интеграл перекрытия 77, которым часто пренебрегают [8, 7], и эффект видимости штрихов может быть включён в определение распределений  $\Delta n_{dc}$  и  $\Delta n_{ac}$ .

**Метод случайной матрицы рассеяния.** Для секции j с толщиной  $\Delta_j$  эффект решетки аппроксимируется одним групповым отражателем с отражательной способностью  $p_j$ . Групповой коэффициент отражения  $p_j$  определяется из группового коэффициента связи  $q_j$

$$p_j = -\tanh(|q_j| \cdot \Delta_j) \cdot \frac{q_j}{|q_j|} \quad (10)$$

Таким образом, матрица  $T_j$ , представляющая секцию j, может быть определена как продукт чистой матрицы пропускания  $T_{\Delta_j}$  и транспортной матрицы  $T_{p,j}$  [9]

$$T_{\Delta_j} = \begin{bmatrix} e^{ib\Delta_j} & 0 \\ 0 & e^{-ib\Delta_j} \end{bmatrix},$$

$$T_{p,j} = \frac{1}{\sqrt{1-|p_j|^2}} \begin{bmatrix} 1 & p_j^* \\ -p_j & 1 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Отсюда

$$T_j = T_{\Delta_j} \cdot T_{p,j}. \quad (12)$$

Множитель  $(1-|p_j|^2)^{-1/2}$  отвечает за амплитуду отражения. Матрица  $T_{p,j}$  также может быть получена из уравнения (8) если принять  $q_j \rightarrow \infty$  а матрицу  $T_{\Delta_j}$  если принять  $q_j \rightarrow 0$  сохраняя  $q_j \Delta_j$  постоянным.

Из уравнений (10), распространение волн может быть выражено рекурсивной функцией (вместо произведения матриц)

$$r_{j+1}(\delta) = \frac{r_j(\delta) - p_j}{1 - p_j^* r_j(\delta)} e^{-\delta 2\Delta_j} \quad (13)$$

Рекурсивная формула позволяет рассчитывать отражательную  $r_{j+1}$  способность ВБР, составленную из секций с  $j$  по  $N$ .

Метод называется «случайным», поскольку все отражения в секции расположены в одной точке. Этот метод подобен методу Руарда, который используется для описания спектрального отклика тонких пленок [10]. Различие состоит в толщинах секций. По методу Руарда каждый период решётки делится на несколько секций (для ВБР это бы привело к величине  $\Delta_j$  в несколько десятков нанометров), в то время как для случайной матрицы рассеяния нужно использовать такое число секций, чтобы учесть медленно меняющийся коэффициент связи (допустимы толщины в десятки микрон).

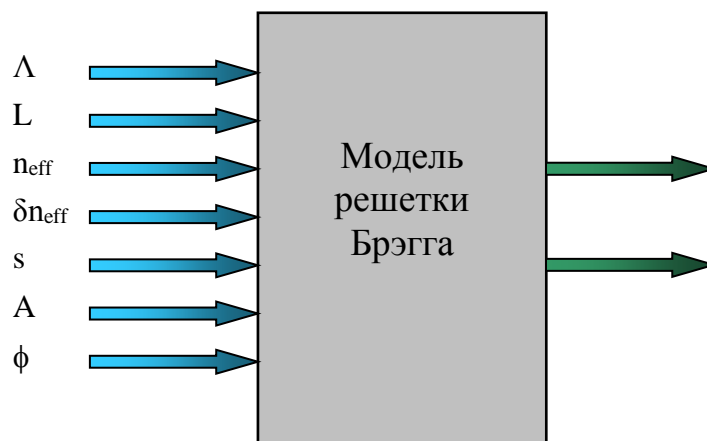
Мы в дальнейших своих исследованиях из выше перечисленных математических моделях для моделирования волоконных решеток Брэгга в среде MatLab будем применять метод матрицы рассеяния. Этот метод является более подходящим для моделирования спектральных характеристик волоконных решеток Брэгга. Матричный метод может с успехом использоваться не только для расчета однородных ВБР с постоянными параметрами по всей длине, но и для расчета неоднородных ВБР.

MATLAB представляет собой среду, которая интегрирует сделать расчет, визуализацию и программирование, в котором проблемы и решения представлены в известной математической нотации. Типичные области применения могут включать в себя:

- математические расчеты;
- разработка алгоритмов;
- сбор данных;
- моделирование;
- анализ данных, разведка и визуализация;
- научно-инженерная графика.

На основе одного из математических моделей, был разработан алгоритм и реализован его в MATLAB. Результат моделирования спектральные характеристики волоконных решеток Брэгга. Кроме того, в влиянием различных параметров длины спектр сетки, размер преломления, температуры, растяжения, фазового сдвига и аподизации.

При моделировании волоконной решетки Брэгга в среда MatLab была реализовано математическая модель на основе матричного метода.



**Рис. 1.** Входные параметры алгоритма:  $\Lambda$  - период решетки;  $L$  – длина;  $n_{\text{eff}}$  - эффективный показатель преломления;  $\delta n_{\text{eff}}$  - среднее значение показателя преломления модуляции (постоянная составляющая);  $s$  - видимость полосы, связанные с модуляцией показателя преломления;  $A$  - профиль аподизации;  $\phi$  - фазовый сдвиг; и спектральные характеристики решетки:  $A^+$  и  $B^+$  в результате работы алгоритма.

Для исследования спектральных характеристик ВРБ при различных функциях аподизации написана программа в среде MATLAB. Интерфейс программы приведены на рисунках ниже.

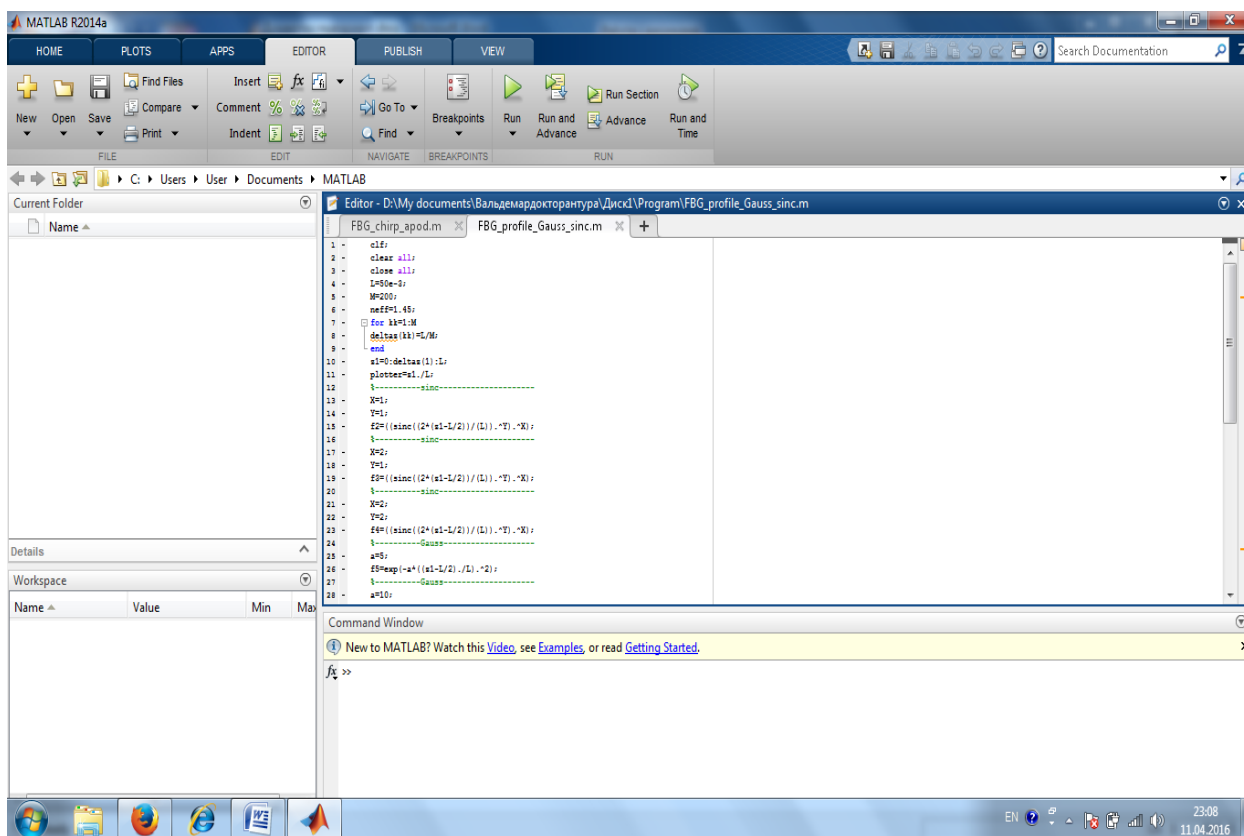


Рис. 2. Интерфейс программы в MATLAB

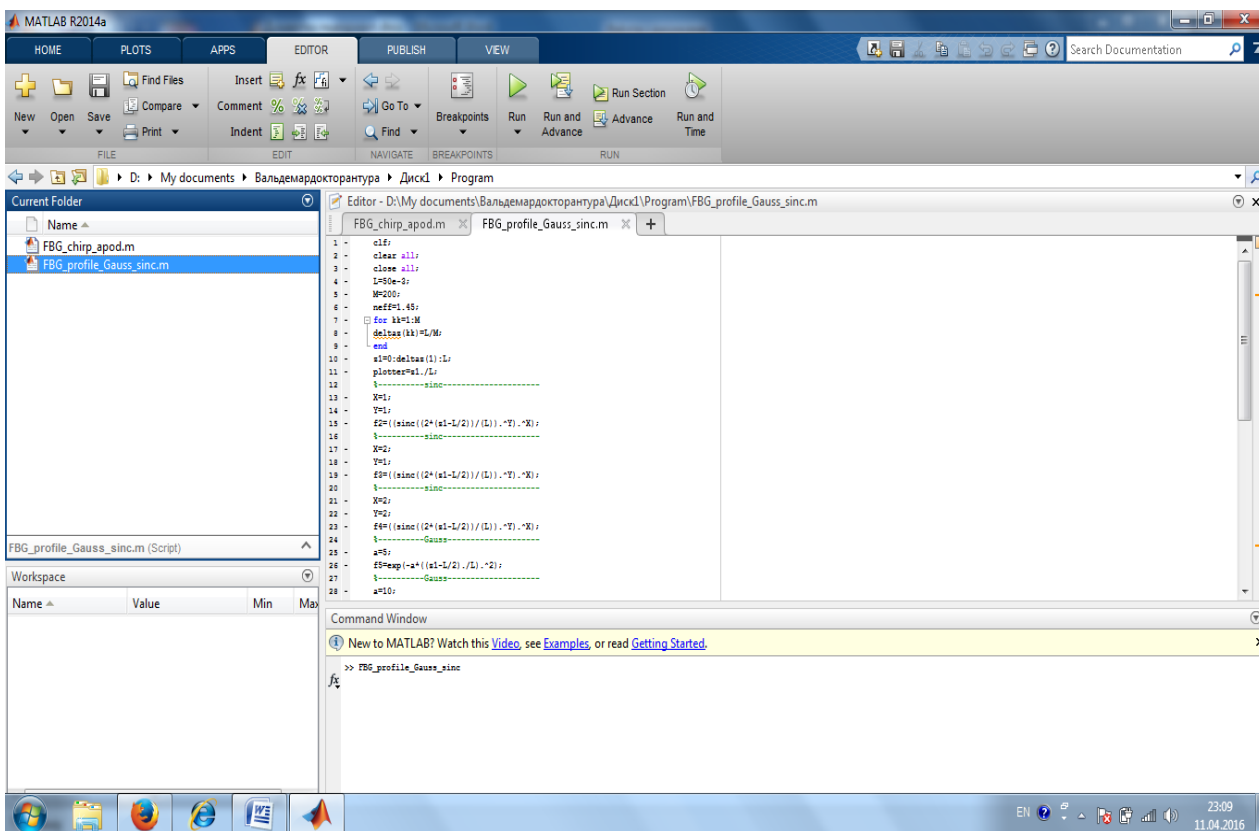


Рис. 3. Интерфейс программы в MATLAB

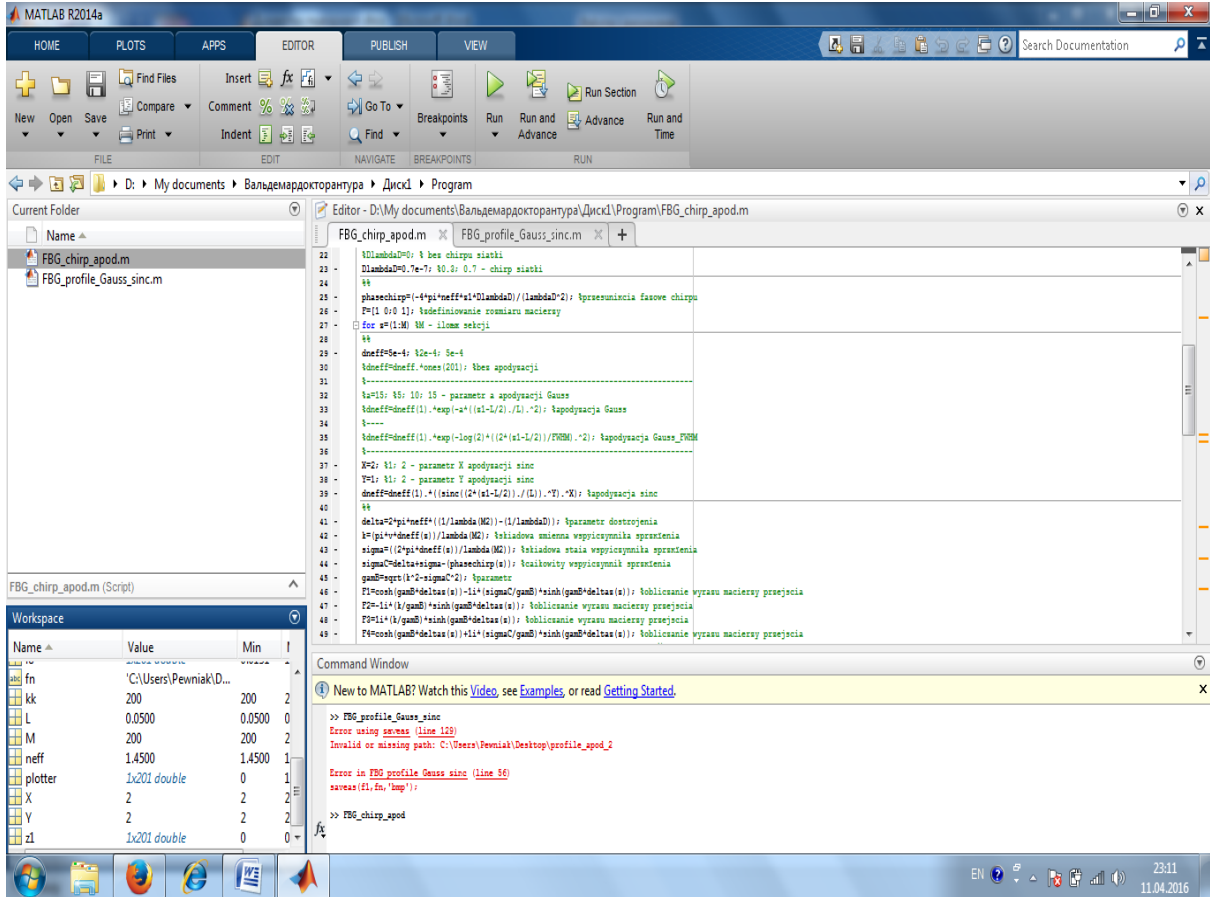


Рис. 4. Код программы

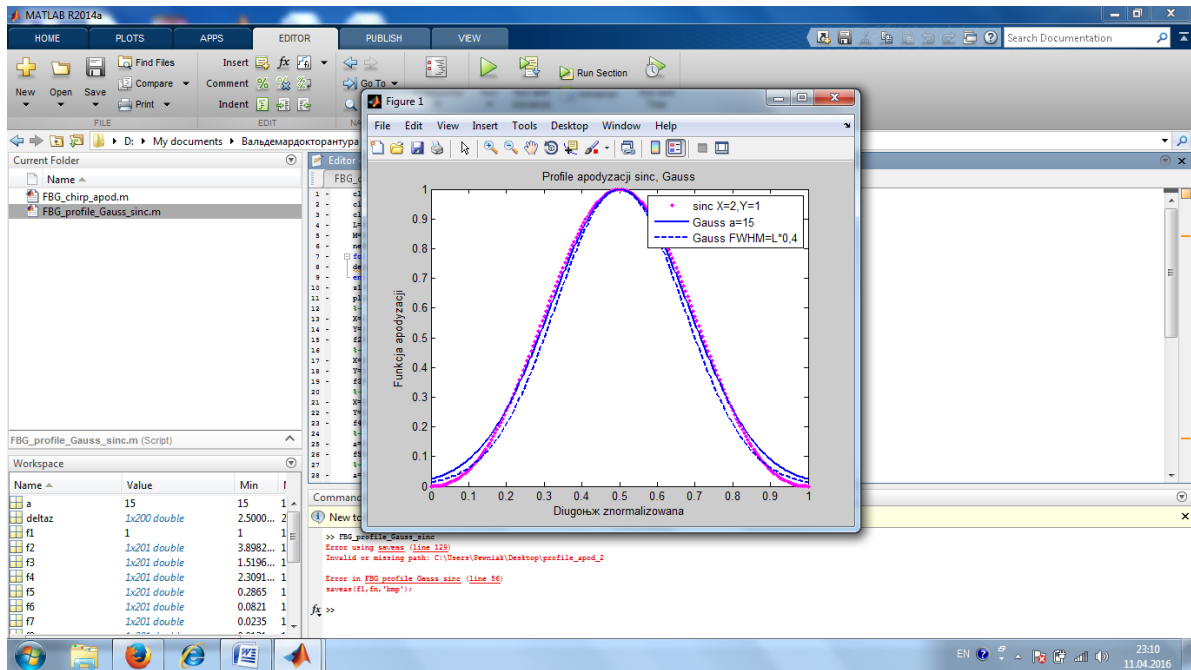


Рис.5. Результаты программы

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Дианов, Е.М. Волоконная оптика: сорок лет спустя / Е.М. Дианов // Квантовая электроника. – 2010. – Т.40. – No 1. – С. 1-6.
- [2] Othonos, Kalli. "Fiber Bragg Gratings. Fundamentals and applications in telecommunications and sensing", Artech House, London, 1999
- [3] H. Kogelnik, "Filter response of nonuniform almost-periodic structures", BellSystem-Technical-Journal., 55(1), p. 109-26 (1976)
- [4] Winick, "Effective-index method and coupled-mode theory for almost periodic waveguide gratings: A comparison", Applied Optics, Vol.31, 1992, pp. 757-764
- [5] Yamada, Sakuda, "Analysis of almost-periodic distributed feedback slab waveguide via a fundamental matrix approach", Applied Optics, Vol.26, 1987, pp. 3474-3478
- [6] J. Skaar, PhD dissertation, The Norwegian University of Science and Technology, Ch. 2, 5-15 (2000)
- [7] M. McCall, "On the Application of Coupled Mode Theory for Modeling Fiber Bragg Gratings", JLT, 18(2), p. 236-242 (2000)
- [8] T. Erdogan, "Fiber Grating Spectra", JLT, 15 (8), p. 1277-1294 (1997)
- [9] J. Skaar, L. Wang and T. Erdogan, "On the synthesis of fiber Bragg gratings by layer peeling", J. Quantum Electron., 37 (2), p. 165-173 (2001)
- [10] L.A. Weller-Brophy and D.G. Hall, "Analysis of waveguide gratings: application of Rouard's method", J. Opt. Soc. Am. A, 11, p. 2027-2037 (1985)

Қашағанова Г.Б., Калижанова А.У.

**MatLab жүйесінде талшықты Брэгг торларының математикалық моделін жүзеге асыру**

**Түйіндеме.** Бұл жұмыста талшықты Брэгг торларының параметрлерін есептеу үшін мүмкіндік беретін математикалық моделдерді талдау.

**Түйін сөздер:** талшықты оптика, талшықты Брэгг торлары, теория связанных мод, метод эффективного показателя, метод матрицы рассеяния, метод Руард әдісі.

Kashaganova G., Kalizhanova A.U.

**Mathematical model of fiber Bragg gratings for MatLab**

**Summary.** In this work the analysis of mathematical models that allow for calculation of the parameters of the fiber Bragg gratings.

**Keywords:** fiber optics, fiber Bragg gratings, mode-coupling theory, method, effective index of the scattering matrix method Ruarda method.

УДК 537.3/535

**А.М. Есалина, С.Б. Сүенішбек, А.Д. Мурадов**

(Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы, aidana\_949494@mail.ru)

**НАНОДИСПЕРСТІ ШУНГИТ ТОЛТЫРҒЫШЫНЫҢ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ**

**Түйіндеме.** Морфологиясы кластерлік құрылымға сәйкес келетін, шунгитпен толтырылған полимер қабыршақтарының беттік топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады. Бөлме температурасында төрт зондты әдісті қолданып үлгілердің вольт-амперлік сипаттамаларын талдау арқылы, полимерлі композиттік материалдар (ПКМ) электрлік қасиеттерінің өзгерісіне толтырғыштың концентрациясының әсері зерттелді. Қабықшаның вольт-амперлік сипаттамаларын талдау таза полиимидті қабыршақтың тоқ күшінің берілген кернеуге тәуелділігі экспоненциалды екенін көрсетті. Ал толтырғыш концентрациясы артқан сайын тоқ мәні сызықты түрде өзгеріске ұшырайды.

**Түйін сөздер:** композит, полиимид, шунгит, оптикалық және электрлік қасиеттер.

**Кіріспе.** Заманауи техниканың қасиеттерін қамтамасыз ету мақсатына орай полимерлі материалдар конструкциялық материалдарды ығыстырды.

Полимерлік материалдардың құрамына әртүрлі толтырғыштар қосу арқылы қасиеттері әртүрлі материалдарды алуға болады. Мұндай материалдардың мүмкіндіктері полимерлер мен толтырғыштардың көптүрлілігімен, олардың негізіндегі композиттердің құрамының өзгеріссіз қалуы және модификация әдісіне байланысты кең қолданыста болуымен байланысты.



Осы күнге дейін полимерлі композиттерді алудың негізді көзі оны толтырғыштармен байыту болып табылады. Полимерлік композиттік материалдардың (ПКМ) технологияларының дамуы қазіргі уақытта полимерлік материалтану аумағындағы ғылыми зерттеулердің көмегімен анықталады. Себебі толтырғыш пен матрицаның әсерлесу мәселесі көпжақты [1].

ПКМ қасиеттері оның құрамына ендірілген толтырғыш құрылымына, мөлшеріне тікелей байланысты. Ол материалдың электрлік, оптикалық қасиеттерінің өзгерісіне алып келеді. Осыған орай электрлік, оптикалық қасиеттердің өзгерісі толтырғыштардың концентрациясына тәуелді болатыны көрсетілді.

### **Тәжірибе әдіснамасы**

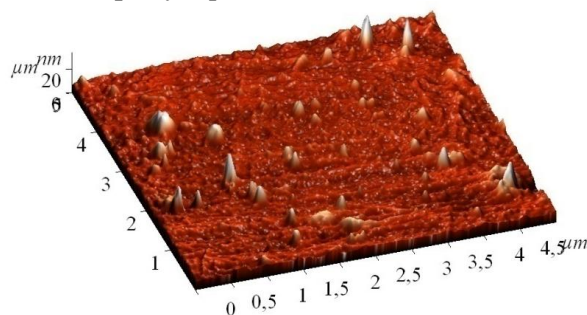
Жүргізілген тәжірибелер мен зерттеулер кезінде полиимид матрицасы негізіндегі композиттік материалдардың физикалық қасиеттеріне және беттік морфологиясының өзгерісіне шунгиттен жасалынған толтырғыштың әсері қарастырылды. Жүргізілген жұмыстарға байланысты, ең алдымен қоспасыз таза полиимид қабықшасы зерттелді. Кейін тәжірибе әртүрлі концентрацияда шунгит толтырғышы енгізілген қабыршақтармен жүзеге асырылды. Картон маркалы полиимид матрица негізіндегі әр түрлі пайыздық өлшемдегі (С):  $C = 1.5$  салмақ %,  $C = 3.0$  салмақ %, шунгит толтырғыштан тұратын ПКМ және де таза полиимидті қабыршақ зерттелінді.

Қабыршақтың морфологиясы– NT – MDT NTEGRA Thermo текті атомдық күштік микроскоптың көмегімен зерттелінді. АҚМ-дағы зонд ұшының тұйықталу радиусы  $\sim 10$  нм, қаттылығы 0.1 Н/м болатын пирамидалық формадағы стандартты кремнийлік кантилевер қолданылды. АҚМ негізгі ерекшелігі ол басқа микроскоптармен салыстырғанда қатты денелер бетін мейлінше тереңірек зерттеуге мүмкіндік береді. Үлгілердің беттік морфологиясын зерттеу екі түрлі - фазалық контраст және топография режимінде жүзеге асырылды. Топография режимі беттің тегістігін тіркейді. Фазалық контраст режимі материалдың химиялық құрамына тәуелі болатын өзгеше аймақтарды зерттеуге мүмкіндік береді.

Полимер негізіндегі қабыршақтарды тәжірибеге сай тиянақты түрде зерттеу үшін сканерлеуші зондтық микроскоп алынды. Зерттелетін үлгі ретінде «Полиимид – шунгит» қабыршақтарының негізі әр түрлі концентрациядағы композиттік материал таңдалды.

**Зерттеу нәтижелері.** Контактілік режим бойынша зондтың үшкір ұшы үлгі бетімен тікелей жанасып, зерттелетін бет тарапынан әсер етуші тебіліс және тартылыс күштері консольдың серпімділік күшімен теңестірілді. Кантилевердің жоғары сезімталдығын қамтамасыз етуге және зондтық үлгі бетіне шамадан тыс күшпен әсер етуге мүмкіндік жасау мақсатында контактілік режимде қатаңдығы төмен болатын кантилевер қолданылды. Материалдың тиімдісін таңдау үшін негізгі үлгі ретінде қоспасыз таза полиимид қабыршақтары алынды. Зерттеу жұмысын орындау барысында ешқандай химиялық әдістер қолданылмайды, тек қабыршақ беттері спиртпен жуылып тазаланды. Қалыңдығы 0,11 мм болатын таза полиимид қабыршағының көрінісі 1- суретте келтірілді.

Суреттен полиимидті қабыршақ бетінде сызаттарға ұқсайтын сызықтарды байқауға болады. Бұл сызықтарды қабыршақты технологиялық формалау процесі кезіндегі шунгит микробөлшектерінің полиимид қышқылдарының аққыштығының байқалуы деп түсіндіруімізге болады. Бірақ полиимидті қабыршақ шунгит нанобөлшектерінің бетімен түзілсе, онда белгілі бір шарттарда қабыршақтың шунгит нанобөлшектерімен берік нүктелік «анкерлік» ілінісуі болуы мүмкін, осыдан кейін матрицаның бүлінуі орын алады.



1-сурет. Қоспасыз жоқ, таза полиимидтің АҚМ бейнесі



«Полиимид – шунгит» қабыршақ жүйелерінің беттерінің топографиялық кескіндері бүжірлі рельефпен сипатталады және оның морфологиясы негізінен кластерлік құрылымға сәйкес келеді.

Сонымен қатар, толтырғыштардың әр түрлі концентрациядағы бет бейнесі де талдаудан өткізілді (сурет 2). Кластерлердің өзі дөңгелек пішінді болып келеді. Полиимидті қабыршақтардың кластерлі құрылымы жеткілікті түрде анық байқалады, кластерлер жеке-жеке сызат түрде айқын көрінеді.

Берілген қабыршақтардың кейбірінде кластерлер тізбегін құрайтын таяқша күйдегі туынды байқалады. Бұл құрылымдардың ұзындығы жүз нанометрге дейін жетеді және өзара тең, әрі реттелген бағытта орналасады.

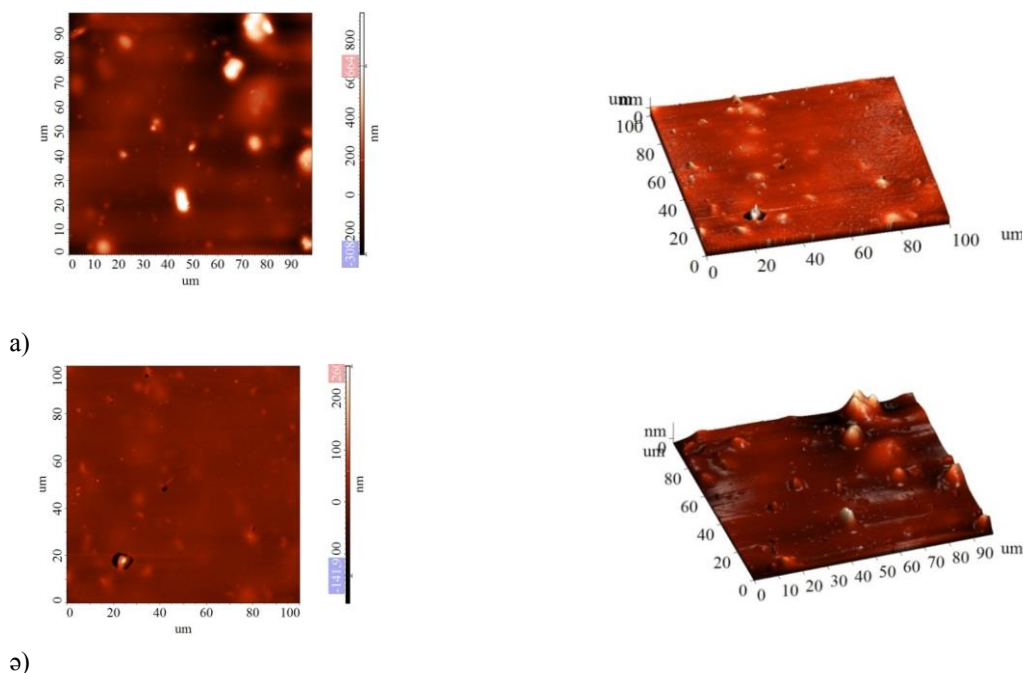
Толтырғыш концентрациясы 1,5 салмақ % болатын композиттік қабыршақтың АҚМ бейнесінен таза полимерлі материалдармен салыстырғанда өзгешеліктер бар екені байқалды. Композиттік қабыршақтың морфологиясы тегіс емес, кластерлердің бірігуі жиі, сызат және жота түрінде болады.

Толтырғыш концентрациясы 3,0 салмақ % болатын композиттің АҚМ бейнесінен толтырғыштың беттік қабатта тегіс, біркелкі таралғаны көрінеді. Бұл өз кезегінде материалдар арасында диэлектрлік қабаттардың пайда болуын туғызады, контактілік кедергі артады, материалдың жылулық қасиеттерінің артуы және кластерлердің бірігуі жота түрінде дамығаны байқалады.

Полимерлік матрицадағы әртүрлі концентрациядағы толтырғыш ретінде қолданылған шунгит ұнтақтарына Leica DM 6000M оптикалық микроскоп арқылы гранулометрлік талдаулар жүргізілді (сурет 3) [2,3]. «Полиимид-шунгит» жүйесіндегі толтырғыш концентрациясы 1,5 салмақ % және 3,0 салмақ % болатын қабыршақтардың сәуле өткізген кездегі микрофотосуреттерінен толтырғыштың өлшемі 80-100 нм екендігі анықталды.

Полимерлі композитті материалдардың электрөткізгіштік қасиеттері өзгерісінің толтырғыш концентрациясына әсері зерттелінді [4,5]. Материалдарға енгізілген толтырғыштар әсерінен полимерлі матрицадағы ақау, түйінаралық атомдар рекомбинациясы және түйіндік вакансиямен қатар жүретін құрылым өзгерткіштік процестердің тууына септігін тигізеді, нәтижесінде материалдардағы электрлік қасиеттер өзгереді.

Шунгит толтырғыш концентрациясының вольт-амперлік сипаттамасы 4- суретте көрсетілген. Таза полиимидті қабыршақ диэлектриктер болып табылады, сондықтан ешқандай электрлік қасиеттің өзгерісі байқалмайды. Кернеу  $U=100-1000\text{В}$  аралығында өзгергенде, ток күші  $I=1\text{нА}$  шамасында тұрақты болып қала берді.



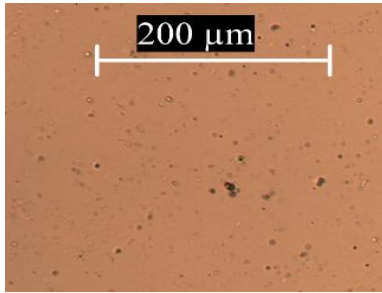
а) толтырғыш концентрациясы 1,5 салмақ %  
 ә) толтырғыш концентрациясы 3,0 салмақ %

2-сурет. «Полиимид – шунгит» композит материалының АҚМ бейнелері

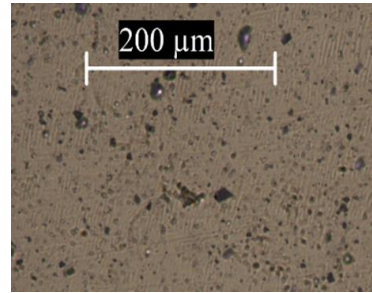
**• Физико-математические науки**

Толтырғыш концентрациясы 1,5 салмақ % болғанда вольт-амперлік сипаттамасының өзгерісі байқалынды және ток күшінің біркелкі баяу өрбігені байқалды (сурет 4). Ал толтырғыштардың 3,0 салмақ % концентрацияда вольт-амперлік сипаттаманың жедел өсуі орын алады.

Материалдардың электрлік кедергісі де толтырғыштың концентрациясына тәуелді және таза полиимидті қабыршақ үшін электрлік кедергі кернеуге тура пропорционал ( $R \sim U$ ) өзгеретін болса, толтырғыштың концентрациясы 1,5 және 3,0 салмақ % болғанда электрлік кедергі кернеуге байланысты экспоненциалды түрде өзгеріске ұшырайды (сурет 5).

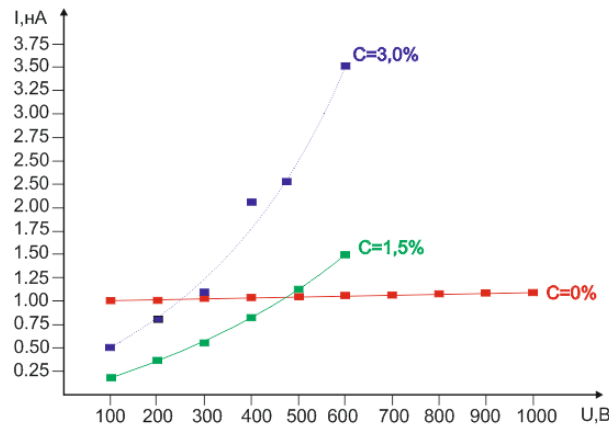


а) толтырғыш  
концентрациясы 1,5 салмақ %

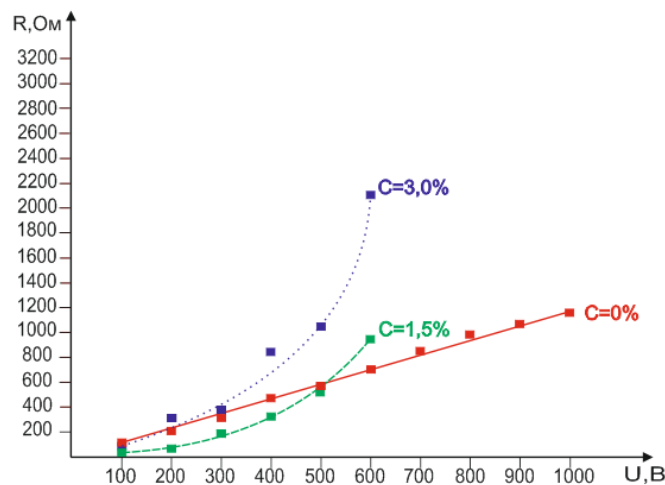


ә) толтырғыш  
концентрациясы 3,0 салмақ %

**3-сурет.** «Полиимид – шунгит» жүйесіндегі толтырғыш қабыршақтарының сәуле өткізген кездегі микрофотосуреті



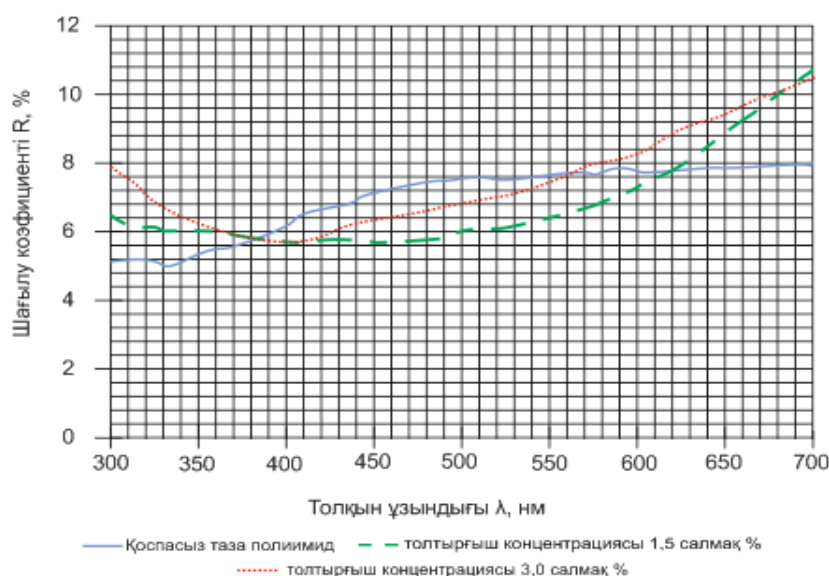
**4-сурет.** «Полиимид– шунгит» композиттік материалының әртүрлі концентрациясының вольт-амперлік сипаттамасы



**5-сурет.** «Полиимид– шунгит» композиттік материалының әртүрлі концентрациялы үлгілер кедергінің кернеуге тәуелділік сипаттамалары

ПКМ үшін шағылысу коэффициентінің концентрацияға тәуелділігі 6-суретте берілген. Суреттен көрініп тұрғандай, полиимид қабыршақ үшін шағылысу коэффициенті ультракүлгін диапазонда ( $\lambda = 190 - 390$  нм)  $\sim 50 - 60\%$  құраса,  $450 - 1100$  нм спектр аралығында (көрінетін және инфрақызыл диапазоны) шағылысу коэффициенті  $75\%$  дейін өседі. Сондықтан материал осы кеістікте оптикалық тығыз жүйеге сәйкес қасиеттермен сипатталады.

Полиимидті қабыршаққа шунгит толтырғышты енгізу ультракүлгін дипазонда спектрлердің шың интенсивтіктерінің жоғарылауын және жарықтың шағылысу шекарасының ығысуын туғызады. Бұл құбылыстың себебін ПКМ матрицасының ішкі қайта құрылымдануымен және полиимид қабыршақтың центріне шунгит кристалдарының түйінделуімен түсіндіруге болады. Толтырғыш концентрациясы  $1,5\%$  болған жағдайда шағылу коэффициентінің өзгеруі байқалмады, ал концентрациясы  $3,0\%$  болған кезде шамамен  $\sim 1,8$  есеге өседі. Спектрдің көріну диапазонында ( $\lambda = 600 - 700$  нм) шунгит толтырғышы бар барлық үлгілердің спектрлері жедел өзгеріске ұшырайды, шағылыстыру коэффициентінің өсуі байқалды және бұл шама полиимидті қабыршаққа қарағанда жоғарырақ болады.



**6-сурет.** ПКМ үшін шағылысу коэффициенті мен толқын ұзындығының концентрацияға тәуелділігі

### Қорытынды

Полимерлі композитті материал қабыршақтарының және «Полиимид – шунгит» жүйесін талдау арқылы келесі мәселелерді тұжырымдауға болады:

1. Полиимидтік қабыршақтардың беттік морфологиясы шунгит толтырғышының концентрациясына байланысты және толтырғыш концентрациясы өскен сайын беттік қабатта кедір-бұдырлы құрылым орын алады.

2. Полиимидтік композитті материалдардағы толтырғыштардың орналасуы оның концентрациясына байланысты және концентрацияның өсуі толтырғыштардың жүйелі түрде орналасуының басты себебі саналады.

3. Толтырғыш концентрациясына байланысты композитті материалдардың электрлік кедергісі өзгереді. Толтырғыш концентрациясы  $1,5$  салмақ % болғанда электрлік кедергінің өзгерісі баяу болса,  $3,0$  салмақ % концентрацияда электрлік кедергі экспоненциалды өзгеріске ұшырайды.

4. Шунгит толтырғыштан тұратын ПКМ үлгілердің оптикалық қасиеттері полиимидті қабыршақтың оптикалық қасиеттеріне тікелей тәуелді. Жарық шағылу коэффициентінің  $\lambda \sim 450$  нм мәнінде өте тез өсуі байқалады және ультракүлгін диапазонда ( $\lambda < 300$  нм) шындығында төмендеуімен қатар, өткізу шекараларының ығысуы байқалады. Бұл құбылыстар полиимид қабыршақтың оптикалық центрінің әсерінен болатын өзгеріске байланысты.

6. Полиимидке шунгит толтырғышты  $1,5$  салмақ.% концентрацияда ендіру композитті материалдың жарық өткізу коэффициентінің өзгеруін туғызбайды, ал толтырғыштың концентрациясын  $3,0$  салмақ % өсіру жарықты өткізу коэффициентінің мәнін  $15\%$  жоғарылатады.

Бұл процестер ПКМ матрицасының қайта құрылуына байланысты орын алатындығымен дәлелденеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Кербер М.Л., Виноградова В.М., Головкин Г.С. и др. Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология. - СПб.: Профессия. 2008.-560 с.
- [2] Чуриловский В.Н. Теория оптических приборов. - М.-Л,1966.
- [3] Оптический микроскоп Leica DM 6000 M - /[http://www. nnlot.kz/RU/ inst2.php](http://www.nnlot.kz/RU/inst2.php).
- [4] Луцейкин Г.А. Методы исследования электрических свойств полимеров - М.: Химия. 1979.- 160 с.
- [5] Электрические свойства полимеров / Под ред. Сажина Б.И. - Л.: Химия. 1986.- 226 с.

Есалина А.М., Суенишбек С.Б., Мурадов А.Д.

**Влияние концентрации наполнителя из нанодисперсного шунгита на оптические и физические свойства полимерного композитного материала**

**Резюме** .Поверхностные топографические изображения полимерных пленок наполненных шунгитом, морфология которых соответствует кластерной структуре, характеризуется шероховатым рельефом. Применяя четырех зондовый метод при комнатной температуре и посредством анализа вольт-амперной характеристики материала, исследовалось влияние концентрации наполнителя на электрические свойства полимерных композитных пленок. Анализ вольт-амперной характеристики пленок показал, что сила тока чистой полиимидной пленки меняется пропорционально напряжению. С увеличением концентрации наполнителя, значение тока изменяется экспоненциально. Такие изменения характеристик связано с дефектами, возникающими в полимерной матрице из-за размеров фракции наполнителя.

**Ключевые слова:** композит, полиимид, шунгит, оптические и электрические свойства.

Yessalina A.M., Suyenishbek S.B., Muradov A.D.

**Influences of filler concentration from nanodispersed shungite on optical and physical properties of polymer composite material**

**Summary** Surface topographic images of polymeric films filled with shungite, whose morphology corresponds to a cluster structure is characterized by a rough terrain. Using the four-probe method at room temperature, an analysis of the current-voltage characteristic was used to investigate the influence of the filler concentration on the electrical properties of polymer composite films.

An analysis of the current-voltage characteristics of the films showed that the net current of the film of the pure polyimide increases exponentially. With increasing filler concentration, the current value changes linearly. Such changes in characteristics are due to defects occurring in the polymer matrix due to the size of the filler fraction.

**Keywords:** composites, polyimide, shungite, optical and electrical properties.

УДК 533.9:004.9

**С.К. Коданова, М.К. Исанова, Э.С. Слямова**

(Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан,  
\*E-mail: moldir.issanova@gmail.com)

**РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ ПО 2D И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОРМОЖЕНИЯ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ**

**Аннотация.** В рамках данной работы разработан программный комплекс по расчету, анализу и визуализации процессов торможения плотной плазмы на основе кулоновского логарифма с использованием эффективного потенциала взаимодействия частиц. Разработанная инструментальная среда является удобным и надежным средством для исследования свойств плотной плазмы инерционного термоядерного синтеза. Разработанный программный комплекс имеют как теоретическое, так и прикладное значение для исследования и моделирования свойств неидеальной плотной плазмы. Также, в программу включена настройка, которая используя операторы сдвига, поворота, полноэкранного режима, масштабирования преобразовывает изображения.

**Ключевые слова:** плотная плазма, инерционный термоядерный синтез, программный комплекс, компьютерное моделирование, визуализация.

В последние годы значительное внимание исследователей привлекает изучение состояния вещества при высоких давлениях и температурах. Особое место среди работ посвященных различным аспектам данной проблемы занимают исследования в области инерционного термоядерного синтеза на пучках тяжелых ионов. Причина такого особого интереса заключается в том, что при сокращении запасов природного топлива термоядерный синтез становится одним из возможных вариантов решения энергетических проблем [1-5]. Проводятся большое количество теоретических и экспериментальных работ по изучению физических процессов, определяющих конструкцию термоядерной мишени и необходимых параметров будущего драйвера. Расчет параметров термоядерной мишени тяжелоионного инерциального синтеза требует адекватного количественного описания процессов взаимодействия тяжелоионных пучков с плотной плазмой в широком диапазоне параметров. Поэтому, чтобы знать свойства плотной плазмы в разных условиях, наиболее привлекательным является компьютерное моделирование, которое дает ответ на многие важные вопросы, необходимых для использования плотной плазмы ИТС при решениях энергетических проблем [6-12]. В этой связи появились проблемы, во-первых, интенсивного исследования физических процессов, которые происходят в системе, с целью разработки на их основе технологии применения плотной плазмы, во-вторых, сделать доступной информацию о свойствах плазмы пользователям.

Основные преимущества и новизна применения инструментальной среды являются визуализированное представление результатов в ходе компьютерного моделирования. Технологии двумерной и трехмерной визуализации в современной науке и технике являются неотъемлемым и весьма важным элементом обработки сложной информации о пространственном строении объектов. Технологии уровня OpenGL или Direct3D позволяют не только наглядно представлять пространственный объект, но и преобразовывать изображение, используя операторы сдвига, поворота, изменения масштаба и т.п. На сегодняшний день разработано множество алгоритмов и методов визуализации (растеризация, рейкастинг, трассировка лучей, трассировка путей), которые обычно совмещаются в передовом программном обеспечении, чтобы получить достаточно качественное и фотореалистичное изображение при оптимальных затратах вычислительных ресурсов [13].

Визуализация процесса торможения ионов в плотной плазме проходит в сборочном модуле "PLCODE" с помощью технологий OpenGL, предоставляемый библиотекой Tao Framework.

При моделировании процессов торможения тяжелых ионов в плотной плазме, получаемые результаты часто представляют из себя данные в виде таблицы и возникает задача построения и визуализации, а также анализ получаемых графиков. Графики могут строится как в 2D так и в 3D пространстве. Для этих целей были написаны модули "PLOT3DVIEWER" и "PLOT2DVIEWER". Эти модули являются библиотеками классов (namespace) написанными на языке программирования C# и реализованные в Visual Studio 2012. Модули "PLOT3DVIEWER" и "PLOT2DVIEWER" предназначены для визуализации и анализа 3D и 2D графиков.

Модуль "PLOT3DVIEWER" содержит в себе класс "PLOTTER3D" наследованный от класса Windows.Form и представляет собой диалоговое окно для взаимодействия с пользователем. Класс "PLOT3D" и класс "PLOT3DBOARDERBOX" наследуемый от "GBOX3f" (которое находится в модуле "GEOTOOLS") также расположены в данном модуле. Таким образом, модуль "PLOT3DVIEWER" состоит из трех классов:

```
...
namespace PLOT3DVIEWER
{
public partial class PLOTTER3D : Form{ .... }
public class PLOT3D{ .... }
public class PLOT3DBOARDERBOX : GEOTOOLS.GBOX3f{ .... }
}
...
```

Класс "PLOT3DBOARDERBOX " инициализирует и отображает на экране рисование, границы и тексты графика.

Класс "PLOT3D" инициализирует, хранит, отображает на экран рисование, а также манипулирует данными графика.

## • Физико-математические науки

Класс "PLOTTER3D" устанавливает связь между вышеуказанными двумя классами и пользователем. Это диалоговое окно включает в себя окно визуализации графиков в OpenGL (предоставляемое библиотекой Tao Framework), окна меню (Menu Strip), окно для отображения данных (Data Grid View), трекер (Track Bar), окно для отображения общей информации (Text Box), а также окно выбора (Check Box). Ниже на рисунке 1 показан интерфейс окна, реализуемое классом "PLOTTER3D".

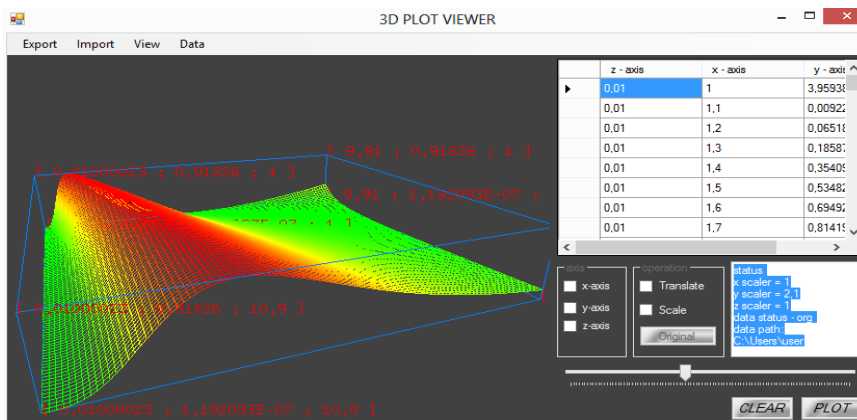


Рис. 1. Инструментальная среда 3D визуализации торможения ионов в плотной плазме "PLOT3DVIEWER"

Данное окно позволяет пользователю импортировать и экспортировать данные как из *.txt* файла, так и из баз данных. Также пользователь может задавать цвета, как окна визуализации, так и окна диалога, а также менять шрифты текстов в окне визуализации. Окно визуализации поддерживает управление мышью (поворот вокруг оси приближение и отдаление). Для манипуляции данными предусмотрено сжатие осей на коэффициент и построение логарифмической шкалы. На рисунке 2 изображен график тех же данных в логарифмической шкале с умножением на коэффициент. Для просмотра общей информации в правом нижнем углу необходимо прописать "info:" для очищение "clear".

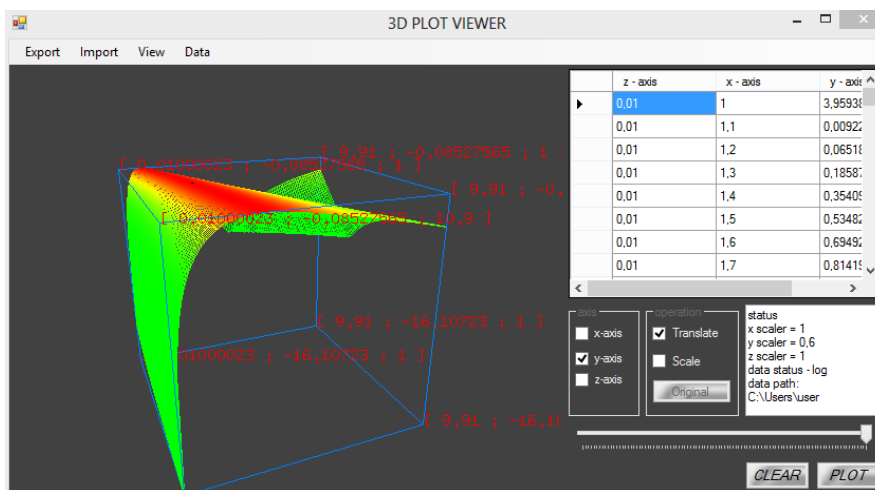


Рис. 2. Инструментальная среда 3D визуализации торможения ионов в плотной плазме "PLOT3DVIEWER" в логарифмической шкале

Также предусмотрено сохранение визуализируемого графика в качестве фотографий, иными словами операция screenshot в формате png. Данное диалоговое окно присоединено к главному диалоговому окну, и при желании пользователя запускается в одном из двух режимов. Первый режим



запуска полностью блокирует главное диалоговое окно. Второй режим запуска предусматривает работу данного окна в собственном UI нити, что позволяет работать обоим окнам одновременно.

Второй режим работы окна достигается нижеуказанным кодом:

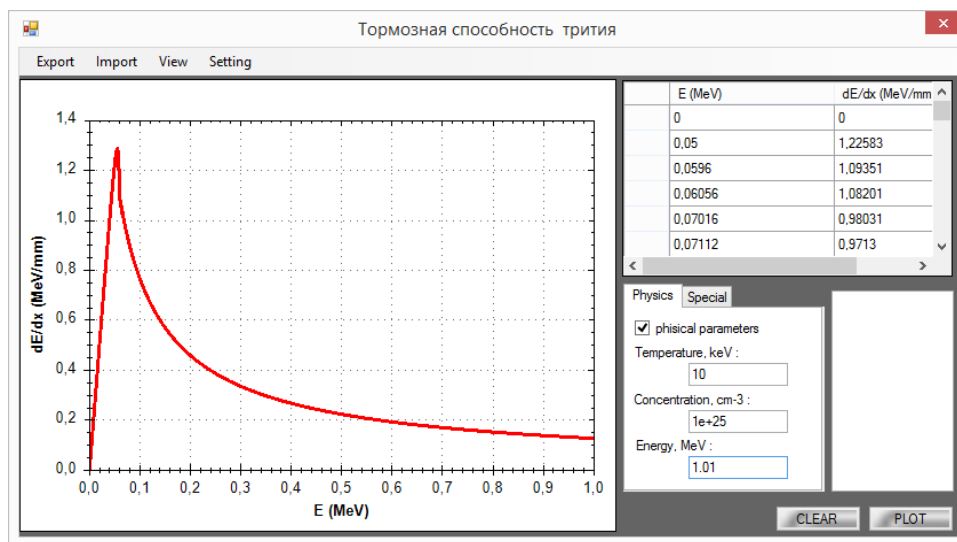
```

...
var th = new Thread ( () =>
{
var form = new PLOTTER3D();
form.FormClosing += (s, ex) => Application.ExitThread();
form.ShowDialog();
Application.Run();
} );
th.SetApartmentState(ApartmentState.STA);
th.Start();
...

```

Данный интерфейс не является конечным вариантом реализации, так как будут вноситься изменения при подключении базы данных в будущем. Особенностью данной инструментальной среды, реализуемой классом "PLOTTER3D" в отличие от других редакторов 3D графиков (к примеру, "Origin Lab") является подключение к модулю "SOLUTIONS", который содержит результаты моделирования.

Класс "PLOTTER2D" разработан по аналогии с классом "PLOTTER3D". Существенное отличие заключено в том, что класс "PLOTTER2D" для визуализации графиков использует библиотеку для работы с кривыми ZedGraph.dll, а в классе "PLOTTER3D" для работы с поверхностями написан свой класс и использует OPENGL. Также в классе "PLOTTER2D" можно интерполировать кривые (методом сплайн интерполяций). На рисунке 3 показан интерфейс, реализуемый классом "PLOTTER2D".



**Рис. 3.** Инструментальная среда 2D визуализации тормозной способности трития в плотной плазме с помощью "PLOT2DVIEWER"

*Модуль визуализаций и геометрий "GEOTOOLS"*

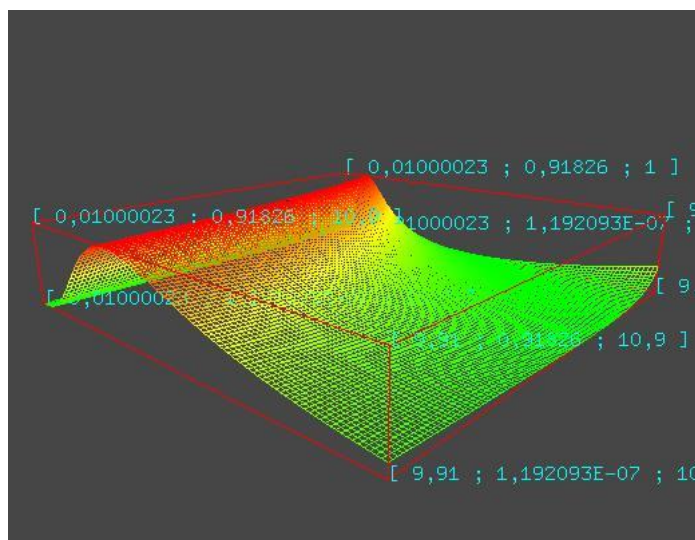
Данный модуль представляет собой библиотеку классов (namespace). Классы, содержащиеся в этом модуле предназначены для визуализации геометрических объектов, а также для манипуляции этими объектами. Модуль написан на языке программирования C#, а его классы для визуализации использует библиотеку OPENGL. На данном этапе модуль содержит два статических класса, три перечисления (enum), два абстрактных класса и 14 реализованных классов. Ниже перечислены названия данных классов:



```
...
namespace GEOTOOLS
{
public enum COLORTITLE{...}
public class GCOLOR{...}
public enum GLGRADIENTTITLE{...}
public static class GLGRADIENT{...}
public class GPOINT2f{...}
public class GPOINT3f{...}
public class GVECTOR2f{...}
public class GVECTOR3f{...}
public class GDISTANCE2f{...}
public class GDISTANCE3f{...}
public class GTEXT2f{...}
public class GTEXT3f{...}
public abstract class GOBJECT2f{...}
public abstract class GOBJECT3f{...}
public class GBOX2f : GOBJECT2f{...}
public class GBOX3f : GOBJECT3f{...}
public class GSPHERE3f : GOBJECT3f{...}
public class GOBJECTFROM3DSMAX3f : GOBJECT3f{...}
public class CAMERA3f{...}
public enum GFONTTITLE{...}
public class GFONT{...}
}
...

```

Все классы практически используются для визуализации процессов, происходящих в расчетном модуле "SOLUTIONS". Кратко перечислим предназначение этих классов. Класс GCOLOR предназначен для установки цвета и альфа прозрачности визуализируемых объектов. Этот класс работает во взаимодействии с перечислением COLORTITLE, а также с классом System.Drawing.Color. Статичный класс GLGRADIENT позволяет установить цвет, переданному массиву данных так, чтобы переходы были плавными. На рисунке 4 продемонстрирован пример использования методов данного класса:



**Рис. 4.** График торможения тяжелого иона в плазме визуализированный с помощью модуля "PLOT3DVIEWER", который использует для задания цвета графика статичный класс GLGRADIENT, для отображения текста класс GTEXT3f и для обрисовки границы графика класс GBOX3f из библиотеки классов GEOTOOLS.

Классы GPOINT2f и GPOINT3f представляют собой геометрические точки в плоскости и в пространстве. Данные классы активно используются как при визуализации, так и при вычислениях. Классы GVECTOR2f и GVECTOR3f представляют собой геометрический объект- вектор. Имеют несколько перегруженных операторов и часто используются в модуле физики "PHYTOOLS" и в расчетном модуле "SOLUTIONS". Например, для векторного умножения двух векторов достаточно прописать:  $GVECTOR3f\ Result = A\%B$ ; где  $A$  и  $B$  являются также объектами класса  $GVECTOR3f$ . Классы GDISTANCE2f и GDISTANCE3f представляют собой отрезки в плоскости и в пространстве, соответственно. Они также имеют несколько перегруженных операторов и также как и классы GVECTOR2f и GVECTOR3f в расчетном модуле "SOLUTIONS" и в модуле "PHYTOOLS". Классы GTEXT2f и GTEXT3f, а также класс GFONT и перечисление GFONTTITLE используются для отображения текстов в окне визуализаций OPENGL. К примеру, текст на рисунке 4.5 реализован с использованием класса GTEXT3f. Классы GOBJECT2f и GOBJECT3f являются абстрактными классами, а их методы являются не реализованными, они служат лишь для стандартизации методов для всех наследуемых классов. Классы GBOX2f и GBOX3f, а также класс GSPHERE3f являются геометрическими примитивами. Эти классы наследованы от классов GOBJECT2f и GOBJECT3f соответственно и реализуют описанные в них методы. Класс GOBJECTFROM3DSMAX3f позволяет импортировать и визуализировать сложные объекты, построенные в программе 3DS MAX и сохраненные как множество треугольников с соответствующими текстурами в формате obj. Класс CAMERA3f предназначен для установки камеры наблюдения за визуализируемыми моделями. В данном классе реализованы методы работы с мышью (вращение и приближение объектов).

Таким образом, разработан программный модуль по моделированию торможения тяжелых ионов в полной и частично ионизованной плазме инерционного термоядерного синтеза с возможностью использования различных физических приближений для описания взаимодействия ионного пучка с веществом. Можно сделать вывод, что полученные данные с использованием программного модуля применимы для исследования динамических характеристик плотной плазмы инерционного термоядерного синтеза.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3083/ГФ4 (2016).*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] N.A. Tahir, Th. Stöhlker, A. Shutov, I.V. Lomonosov, V.E. Fortov, M. French, N. Nettelmann, R. Redmer, A.R. Piriz, C. Deutsch, Y. Zhao, H. Xu, G. Xio and P. Zhan. *New Journal of Physics* 12, 073022 (2010).
- [2] В.Е. Фортов. Экстремальные состояния вещества. – Москва, ФИЗМАТЛИТ (2009).
- [3] V.E. Fortov. *Extreme states of matter on Earth and in the Cosmos*. – Berlin, Springer (2009).
- [4] В.Е. Фортов, Д. Хоффманн, Б.Ю. Шарков. УФН. Т. 178, №2. С.114 (2008).
- [5] M. Kulish, A. Golubev, A. Fertman, V. Turtikov, A. Tauschwitz. *Review of Scientific Instruments* V. 74, №5 (2001).
- [6] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova. *Phys. Plasmas* 8 , 5049 (2001).
- [7] C.A. Ordonez, M.I. Molina. *Phys. Plasmas* 1, 2515 (1994).
- [8] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova, Zh.A. Moldabekov, M.K. Issanova. *Phys. Plasmas* 20, 112702 (2013).
- [9] S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, M.K. Issanova, Zh.A. Moldabekov, G. Nigmatova. *Contrib. Plasma Phys.* 55, No. 2-3, 271 – 276 (2015).
- [10] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, D.H.H. Hoffmann. *Contrib. Plasma Phys.* 56, 425 (2016).
- [11] M.T. Gabdullin, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, M.K. Issanova, T.N. Ismagambetova. *Nukleonika* 61, №2, 125 (2016).
- [12] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, N.Kh. Bastykova, Zh.A. Moldabekov, C.-V. Meister. *Laser and Particle Beams*, 34, 457-466 (2016).
- [13] J.P. Hansen, *Computer simulation of basic plasma phenomena*.- Paris, 433-470 (1979).
- [14] Д. Рихтер. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. 4-е изд., изд. Питер, 2016. – 896 с.
- [15] К. Нагел, Б. Ивбен, Дж. Глинн, К. Уотсон, М. Скиннер. C# 4.0 и платформа .NET 4 для профессионалов, изд. Вильямс, 2011. – 1440 с.
- [16] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova, N.Kh. Bastykova, Zh.A. Moldabekov, M.K. Issanova. *Communications in Computational Phys.*, Vol. 15, 2014, 981-995.
- [17] Г. Шилдт. C# 4.0, изд. Вильямс, 2015. – 1056 с.
- [18] Н. А. Литвиненко. Технология программирования на C++, изд. БХВ-Петербург, 2010. – 281 с.

[19] M. Mahdavi and T. Koohrokhi. Physical Review E 85, 016405 (2012).

[20] J.R. Adams, N.S. Shilkin, V.E. Fortov, V.K. Gryaznov, V.B. Mintsev, R. Redmer, H. Reinholz, and G. Ropke. Phys. Plasmas. Vol. 14. P. 062303 (2007).

[21] D.H.H. Hoffmann et al. Phys. Rev. Vol. A 42. P. 2313 (1990).

Коданова С.К., Исанова М.К., Слямова Э.С.

**Тығыз плазмадағы иондардың тежелуін 2D және 3D визуализациялау бойынша құрал ортасын әзірлеу**

**Түйіндеме.** Осы жұмыстың шеңберінде тиімді бөлшектердің өзара әрекеттесу потенциалын пайдалана отырып, кулондық логарифм негізінде тығыз плазмалық тежеу процестерін есептеу, талдау және визуализациялау үшін бағдарламалық кешен әзірленді. Әзірленген құрал ортасы инерциялық термоядролық синтездегі тығыз плазма қасиеттерін зерттеуге ыңғайлы және сенімді құрал болып табылады. Жасалынған бағдарламалық кешен идеалды емес тығыз плазманың қасиеттерін зерттеу және моделдеу үшін теориялық және қолданбалы мәнге ие. Сондай-ақ, бағдарламада суреттерді түрлендіру, пайдалану, жылжыту, айналдыру, толық экран, масштабтау операторлары қарастырылған.

**Түйін сөздер:** тығыз плазма, инерциялық термоядролық синтез, бағдарламалық кешен, компьютерлік моделдеу, визуалдау

Kodanova S.K., Issanova M.K., Slyamova E.S.

#### **Development of tool environment in 2D and 3D visualization of ions stopping in a dense plasma**

**Summary.** In this work developed the software package for calculation, analysis and visualization of the stopping processes in dense plasma based on the Coulomb logarithm using an effective interaction potential. The software module provides users with extensive information as graphical interpretations as well as in table. Created tool environment is a convenient and reliable means to investigate properties of the dense plasma of inertial thermonuclear fusion. Software package developed by the project has both theoretical and practical importance for the investigation and simulation of non-ideal dense plasma properties. Also, control which using is included in the program, shift operators, turn, a full-screen mode, scaling transforms images.

**Keywords:** dense plasma, inertial confinement fusion, software complex, computer simulation, visualization

УДК 533.9:004.9

**С.К. Коданова, М.К. Исанова, Э.С. Слямова**

(Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан,  
E-mail: moldir.issanova@gmail.com)

#### **СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ПО РАСЧЕТУ ТОРМОЖЕНИЯ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ**

**Аннотация.** В рамках данной работы разработан программный комплекс по расчету, анализу и визуализации процессов торможения плотной плазмы на основе Кулоновского логарифма с использованием эффективного потенциала взаимодействия частиц. Программный модуль обеспечивает пользователей широкой информацией, как в графической интерпретации, так и в табличной форме. Созданный автоматизированный комплекс является удобным и надежным средством для исследования свойств плотной плазмы инерционного термоядерного синтеза. Разработанный программный комплекс имеют как теоретическое, так и прикладное значение для исследования и моделирования свойств неидеальной плотной плазмы. Численные результаты полученные на основе программных модулей были сравнены с теоретическими и экспериментальными работами других авторов и имеют хорошие согласие.

**Ключевые слова:** плотная плазма, инерционный термоядерный синтез, программный комплекс, компьютерное моделирование, визуализация

На сегодняшний день в мире проводится большое количество теоретических и экспериментальных работ по изучению фундаментальных физических процессов в области ИТС [1-5]. Пробег тяжелых многозарядных ионов в мишени, и ионизационные потери обусловлены тормозной способностью плотной высокотемпературной плазмы. Следовательно, знание величин пробегов и профилей энерговыделения тяжелых, заряженных частиц в плазме позволят более точно рассчитать конструкцию термоядерной мишени.

Известно, что тормозная способность – параметр, характеризующий скорость потери средней энергии для быстро движущихся электронов или ионов плазмы. В процессе прохождения иона через вещество в результате совместного действия разнообразных физических процессов ион теряет свою энергию, замедляется и в конце концов останавливается. Для пробной частицы, подвергнутой  $N$  парным столкновениям и перемещенной на расстояние  $\delta l$ , ее полная потеря энергии есть:

$$\delta E = \sum_{i=1}^N \Delta E_i, \quad (1.1)$$

где  $\Delta E_i$  - потеря энергии при  $i$ -том столкновении. Тормозная способность  $S$  определяется как  $\int_0^{\delta l} S dl = \delta E$ . При увеличении числа  $N$  столкновений имеем  $\int_0^{\delta l} S dl = S \cdot \delta l$ ;  $S = \frac{\delta E}{\delta l}$ . Потеря энергии в результате соударения пробной частицы с частицами плазмы есть:

$$\Delta E = 4 \left( \frac{\mu_{\alpha\beta}}{m_\beta} \right) \cdot E_c \cdot \sin^2 \left( \frac{\theta_c}{2} \right), \quad (1.2)$$

здесь  $E_c = \frac{1}{2} \mu_{\alpha\beta} v^2$  - энергия центра масс сталкивающихся частиц;  $v$  - относительная скорость пробной частицы;  $\theta_c$  - угол рассеяния центра масс. Для удобства значение потери энергии пробной частицы в одном парном соударении обозначим как  $\Delta E$ . Следовательно, тормозная способность [6-7]:

$$\frac{dE}{dx} = 8\pi n \left( \frac{\mu_{\alpha\beta}}{m_\beta} \right) \cdot E_c \cdot b_\perp^2 \cdot \lambda, \quad (1.3)$$

здесь  $b_\perp = \frac{Z_\alpha Z_\beta e^2}{2E_c}$ ,  $\lambda$  - кулоновский логарифм, который определяется формулой [6-8]:

$$\lambda = \frac{1}{b_\perp^2} \int_0^\infty \sin^2 \left( \frac{\theta_c}{2} \right) b db. \quad (1.4)$$

Угол рассеяния центра масс определяется как [7]:

$$\theta_c = \pi - 2b \int_{r_0}^\infty \frac{dr}{r^2} \left( 1 - \frac{\Phi(r)}{E_c} - \frac{b^2}{r^2} \right)^{-1/2}, \quad (1.5)$$

где  $E_c = \frac{1}{2} m_{\alpha\beta} v^2$  - энергия центра масс,  $m_{\alpha\beta} = m_\alpha m_\beta / (m_\alpha + m_\beta)$  - приведенная масса частиц сорта  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $b_\perp = Z_\alpha Z_\beta / (m_{\alpha\beta} v^2)$ . В качестве минимального прицельного параметра принят  $b_{\min} = \max \{ b_\perp, \tilde{\lambda}_{\alpha\beta} \}$ , где  $\tilde{\lambda}_{\alpha\beta} = \hbar / \sqrt{2\pi m_{\alpha\beta} k_B T}$  - тепловая длина волны де-Бройля. Используются следующие безразмерные параметры: параметр связи  $\Gamma = Z_\alpha Z_\beta e^2 / a k_B T$ , где  $Z_\alpha e, Z_\beta e$  - заряды частиц сорта  $\alpha$  и  $\beta$ ;  $a = (3/4\pi n)^{1/3}$  - среднее межчастичное расстояние между частицами,  $r_s = a/a_B$  - параметр плотности,  $\omega_p = \sqrt{4\pi n e^2 / m_e}$  - плазменная частота. В формуле (1.5)  $\Phi_{\alpha\beta}(r)$  - потенциал взаимодействия частиц и  $r_0$  определяется из уравнения:

$$1 - \frac{\Phi_{\alpha\beta}(r_0)}{E_c} - \frac{b^2}{r_0^2} = 0. \quad (1.6)$$


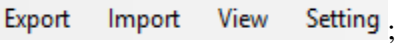
## • Физико-математические науки

Следовательно, очень важно правильно выбрать потенциалы взаимодействия сталкивающихся частиц [9-12]. Если потенциал известен, то по формулам (1.1)-(1.5) можно найти потерю энергии налетающей частицей.

Из изложенного выше, был построен код и разработан программный модуль для понимания фундаментальных процессов, происходящих в веществе, необходимых для изучения динамических характеристик плотной плазмы. Исходным пунктом при моделировании динамики полной и частично ионизованной плазмы является нахождение состава плазмы. Расчеты производятся на основе потенциалов взаимодействия, учитывающие те или иные свойства. Ниже приведен интерфейс разработанного программного модуля по расчету торможения тяжелых ионов в полной и частично ионизованной плотной плазме (рис. 1).

Программный модуль представляет собой библиотеку классов (namespace) "STOPPING". Класс "STOPPING" разрабатывался отдельно и был подключен к вышеописанной библиотеке классов "SOLUTIONS" и имеет один реализованный класс "MSOLUTION", также наследуется от класса "SIMULATION". После проведения расчетов, результаты моделирования обрабатываются с помощью модуля "PLOTTER2D". Результаты выводятся на экран по ходу их вычисления в виде графика и таблицы данных. Программа написана на языке программирования C# на Visual Studio 2012 [13-17].

Программный модуль обеспечивает пользователей широкой информацией, как в графической интерпретации, так и в табличной форме, которые получены теоретическими расчетами и с помощью физических экспериментов в лабораторных условиях. В программном модуле предусмотрена возможность изменения заданных параметров, потенциала взаимодействия, шага моделирования. Также в программном модуле предусмотрена возможность задавать входные параметры задачи, сравнивать полученные результаты с теоретическими результатами других авторов (рис. 1). В программном модуле представлены:

- переключатели в виде прямоугольной области с текстом и кнопкой, при помощи которой происходит управление процессом расчета ;
- кнопки для обработки полученных результатов ;
- панель параметров и панель вывода полученных данных;
- возможность сравнения полученных результатов с другими теоретическими подходами и построения 2D графиков на основе полученных результатов.

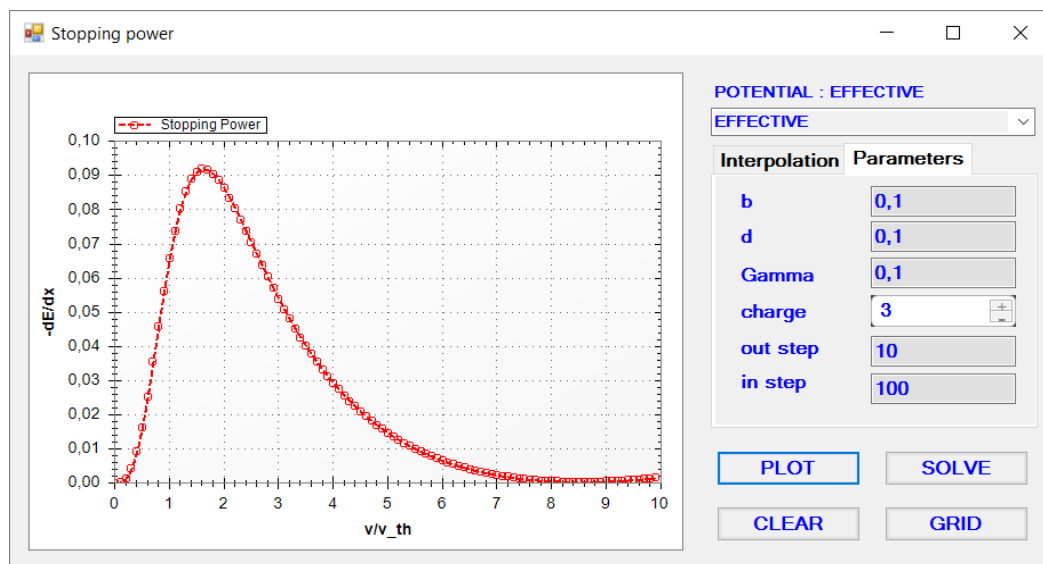


Рис. 1. Программный модуль по расчету торможения тяжелых ионов

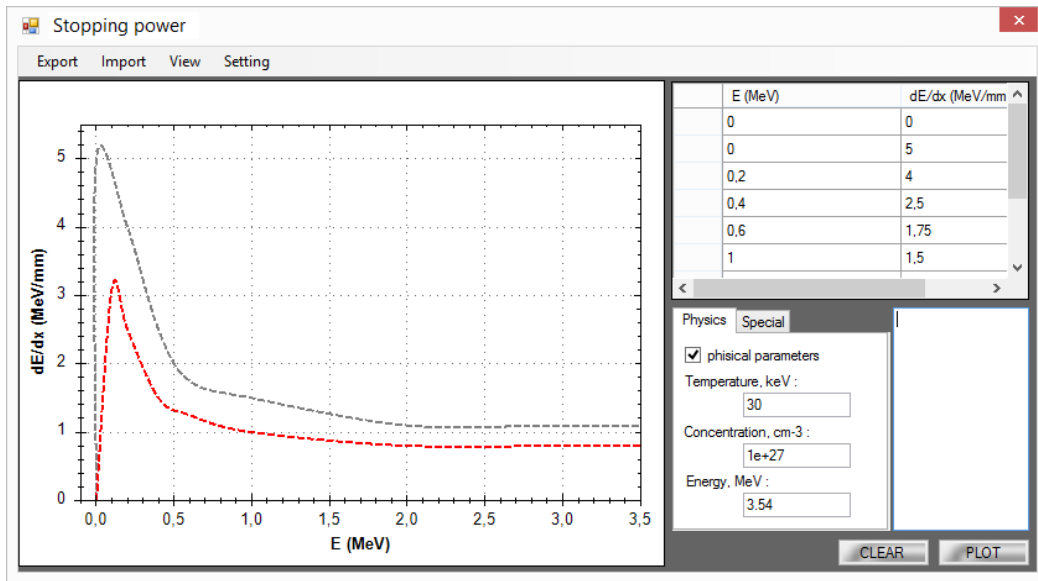


Рис. 2. Интерфейс по расчету тормозной способности альфа-частицы

Для подтверждения достоверности построенного кода было проведено сравнение вычисленных значений тормозной способности с помощью эффективного потенциала с результатами комбинированной модели, моделью Т-матрицы, приближением Борна первого порядка, динамическим RPA и результатами моделирования методом частицы в ячейке (PIC) показаны на рисунках 3 - 4. Эти результаты дают полезную информацию о квантовом экранировании, коллективных, квантово-механических эффектах в процессах столкновении в плотной плазме [18-20].

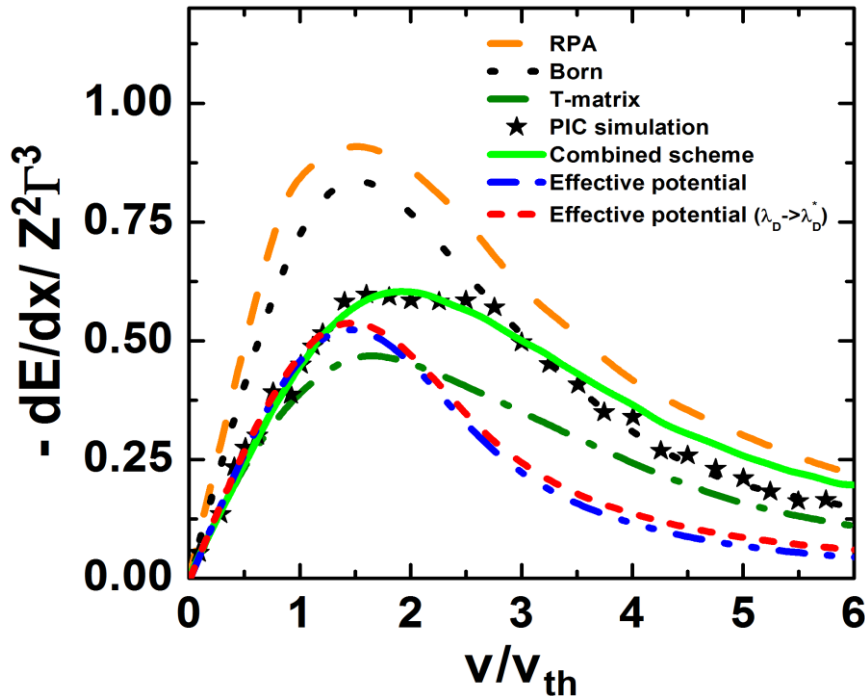


Рис. 3. Тормозная способность, полученная на основе эффективного потенциала взаимодействия с учетом перенормировки длины экранирования и без учета в сравнении с результатами различных теоретических подходов [24] для  $Z = 5$ .

Тормозная способность дается в единицах  $3k_B T / \lambda_D$ .

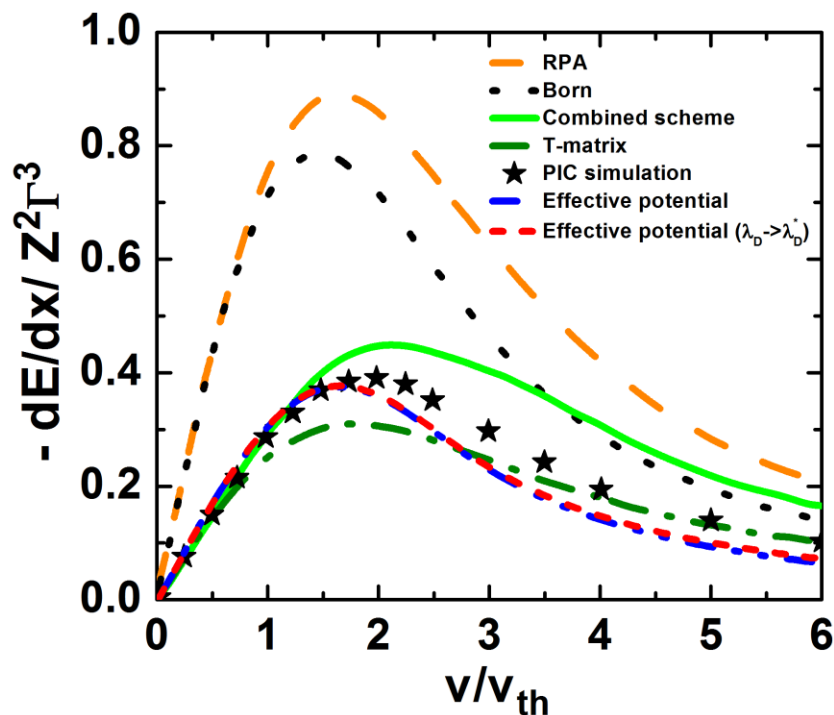


Рис. 4. Тормозная способность, полученная на основе эффективного потенциала взаимодействия с учетом перенормировки длины экранирования и без учета в сравнении с результатами различных теоретических подходов [24] для  $Z = 10$ .

Тормозная способность дается в единицах  $3k_B T / \lambda_D$ .

Программный модуль сочетает в себе пользовательский интерфейс пакета с мощными алгоритмами и численными методами высокого уровня. В основе программы лежит расчет тормозных потерь и траекторий налетающей частицы в приближении парного столкновения. Модуль позволяет обрабатывать результаты для ионов с энергиями в интервале от 10 эВ до 1 ГэВ. Следует отметить, что данная программа разработана для моделирования процессов рассеяния ионов при попадании в мишень. Данная программа имеет опции, позволяющие оценивать влияние налетающей частицы на плазму.

Таким образом, разработан программный модуль по моделированию торможения тяжелых ионов в полной и частично ионизованной плазме инерционного термоядерного синтеза с возможностью использования различных физических приближений для описания взаимодействия ионного пучка с веществом. Можно сделать вывод, что полученные данные с использованием программного модуля применимы для исследования динамических характеристик плотной плазмы инерционного термоядерного синтеза.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3083/ГФ4 (2016).*

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] N.A. Tahir, Th. Stöhlker, A. Shutov, I.V. Lomonosov, V.E. Fortov, M. French, N. Nettelmann, R. Redmer, A.R. Piriz, C. Deutsch, Y. Zhao, H. Xu, G. Xio and P. Zhan. *New Journal of Physics* 12, 073022 (2010).
- [2] В.Е. Фортов. Экстремальные состояния вещества. – Москва, ФИЗМАТЛИТ (2009).
- [3] V.E. Fortov. *Extreme states of matter on Earth and in the Cosmos*. – Berlin, Springer (2009).
- [4] В.Е. Фортов, Д. Хоффманн, Б.Ю. Шарков. *УФН*. Т. 178, №2. С.114 (2008).
- [5] M. Kulish, A. Golubev, A. Fertman, V. Turtikov, A. Tauschwitz. *Review of Scientific Instruments* V. 74, №5 (2001).
- [6] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova. *Phys. Plasmas* 8, 5049 (2001).
- [7] C.A. Ordonez, M.I. Molina. *Phys. Plasmas* 1, 2515 (1994).
- [8] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova, Zh.A. Moldabekov, M.K. Issanova. *Phys. Plasmas* 20, 112702 (2013).
- [9] S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, M.K. Issanova, Zh.A. Moldabekov, G. Nigmatova. *Contrib. Plasma Phys.* 55, No. 2-3, 271 – 276 (2015).



- [10] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, D.H.H. Hoffmann. *Contrib. Plasma Phys.* 56, 425 (2016).  
[11] M.T. Gabdullin, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, M.K. Issanova, T.N. Ismagambetova. *Nukleonika* 61, №2, 125 (2016).  
[12] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, N.Kh. Bastykova, Zh.A. Moldabekov, C.-V. Meister. *Laser and Particle Beams*, 34, 457-466 (2016).  
[13] Д. Рихтер. CLR via C#. Программирование на платформе Microsoft .NET Framework 4.5 на языке C#. 4-е изд., изд. Питер, 2016. – 896 с.  
[14] К. Нагел, Б. Иввен, Дж. Глинн, К. Уотсон, М. Скиннер. C# 4.0 и платформа .NET 4 для профессионалов, изд. Вильямс, 2011. – 1440 с.  
[15] T.S. Ramazanov, S.K. Kodanova, N.Kh. Bastykova, Zh.A. Moldabekov, M.K. Issanova. *Communications in Computational Phys.*, Vol. 15, 2014, 981-995.  
[16] Г. Шилдт. C# 4.0, изд. Вильямс, 2015. – 1056 с.  
[17] Н. А. Литвиненко. Технология программирования на C++, изд. БХВ-Петербург, 2010. – 281 с.  
[18] M. Mahdavi and T. Koohrokhi. *Physical Review E* 85, 016405 (2012).  
[19] J.R. Adams, N.S. Shilkin, V.E. Fortov, V.K. Gryaznov, V.B. Mintsev, R. Redmer, H. Reinholz, and G. Ropke. *Phys. Plasmas*. Vol. 14. P. 062303 (2007).  
[20] D.H.H. Hoffmann et al. *Phys. Rev.* Vol. A 42. P. 2313 (1990).

Коданова С.К., Исанова М.К., Слямова Э.С.

### **Тығыз плазмадағы иондардың тежелуін есептеу үшін бағдарламалық модуль құру**

**Түйіндеме.** Осы жұмыстың шеңберінде тиімді бөлшектердің өзара әрекеттесу потенциалын пайдалана отырып, кулондық логарифм негізінде тығыз плазмалық тежеу процестерін есептеу, талдау және визуализациялау үшін бағдарламалық кешен әзірленді. Бағдарламалық модуль пайдаланушыларды графикалық интерпретация және кесте түрінде кең ақпаратпен қамтамасыз етеді. Құрылған автоматтандырылған кешен инерциялық термоядролық синтездегі тығыз плазма қасиеттерін зерттеудің ыңғайлы және сенімді құралы болып табылады. Жасалынған бағдарламалық кешен идеалды емес тығыз плазманың қасиеттерін зерттеу және моделдеу үшін теориялық және қолданбалы мәнге ие. Бағдарламалық модульдер негізінде алынған сандық нәтижелер басқа авторлардың теориялық және тәжірибелік жұмыстарымен салыстырылып, жақсы келісімдерге ие болды.

**Түйін сөздер:** тығыз плазма, инерциялық термоядролық синтез, бағдарламалық кешен, компьютерлік моделдеу, визуалдау

Kodanova S.K., Issanova M.K., Slyamova E.S.

### **Creation of the program module for calculation of ion stopping in a dense plasma**

**Summary.** In this work developed the software package for calculation, analysis and visualization of the stopping processes in dense plasma based on the Coulomb logarithm using an effective interaction potential. The software module provides users with extensive information as graphical interpretations as well as in table. Created automated complex is a convenient and reliable means to investigate properties of the dense plasma of inertial thermonuclear fusion. Software package developed by the project has both theoretical and practical importance for the investigation and simulation of non-ideal dense plasma properties. The numerical results obtained on the basis of software modules were compared with the theoretical and experimental works of other authors and have good agreement.

**Keywords:** dense plasma, inertial confinement fusion, software complex, computer simulation, visualization.

УДК 533.9:004.9

**С.К. Коданова<sup>1</sup>, Т.С. Рамазанов<sup>1</sup>, М.К. Исанова<sup>1\*</sup>, Р.И. Голятина<sup>2</sup>, С.А. Майоров<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики,  
Казахский национальный университет имени Аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт общей физики им. А.М. Прохорова Российской академии наук, Москва, Россия,

\*E-mail: moldir.issanova@gmail.com)

### **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ, РАССЧИТАННЫХ МЕТОДОМ МОНТЕ КАРЛО**

**Аннотация.** В работе методом Монте Карло проведен расчет торможения ионов в плотной плазме инерционного термоядерного синтеза. Результатом компьютерного моделирования являются численные данные по динамическим характеристикам, такие как, тормозные потери, средний угол рассеяния, глубина

проникновения, эффективный пробег частиц. Также по итогам работы была создана программа трехмерной визуализации траекторий ионов в плотной плазме инерционного термоядерного синтеза.

**Ключевые слова:** плотная плазма, торможение, двухтемпературная плазма, инерционный термоядерный синтез, тяжелые ионы, мишени инерционного термоядерного синтеза.

**Введение.** Плотная горячая плазма является предметом активных теоретических исследований [1-8]. В частности, эти исследования актуальны в связи с экспериментами NIF (National Ignition Facility) [9] и экспериментами на Z-пинче в Сандиа [10]. Для получения термоядерной реакции в вышеуказанных объектах, необходимо изучить такие динамические свойства, как тормозная способность [11-18], коэффициенты переноса плотной плазмы. Расчет параметров термоядерной мишени тяжелоионного инерциального синтеза требует адекватного количественного описания процессов взаимодействия тяжелоионных пучков с плотной плазмой в широком диапазоне параметров. Поэтому, чтобы знать свойства плотной плазмы в разных условиях, наиболее привлекательным является компьютерное моделирование, которое дает ответ на многие важные вопросы, необходимых для использования плотной плазмы ИТС при решениях энергетических проблем.

В настоящее время существует достаточно много программ позволяющих проводить моделирование процесса ионной имплантации в твердые тела, не прибегая к эксперименту. Моделирование происходит с некой долей погрешности и пока не способно полностью заменить реальные эксперименты, но его результаты оказывают неоценимую помощь в проведении исследований. Наиболее известными программами являются SRIM (The Stopping and Range of Ions in Matter) [19] и Geant4 [20].

**Постановка задачи.** Рассмотрим силы взаимодействия между тяжелыми частицами - нейтральной и заряженной, т.е. между ионом и атомом. Хорошо исследована экспериментально и теоретически задача взаимодействия электрона с атомом и ионом. Природа этого взаимодействия может быть очень сложна и на близких расстояниях часто необходимо использовать квантовомеханическую модель. Взаимодействие же тяжелых частиц часто можно свести к классической задаче, в которой их движение определяется потенциалом взаимодействия и соответствующей ему силой. И хотя взаимодействие электронных оболочек носит квантовый характер, задача взаимодействия тяжелых частиц может быть сведена к задаче рассеяния частицы при движении в потенциальном поле в классическом приближении. Рассмотрим различные виды ион - атомного взаимодействия в процессе столкновения: поляризационное притяжение иона к атому, передачу заряда и короткодействующее отталкивание, определяющее газокINETические свойства газов. Определим энергию столкновения  $\varepsilon_r = m v_{12}^2 / 4 = \varepsilon_{12} / 2$ , равную полной кинетической энергии сталкивающихся частиц в системе центра масс, и эффективный диаметр столкновения  $d$ , связанный с диффузионным сечением соотношением  $\sigma_d = \pi d^2$ .

Ион поляризует атомы своим электрическим полем и взаимодействует с индуцированными диполями. Потенциальная энергия этого взаимодействия для расстояний, больших диаметра атома и меньших среднего межатомного расстояния  $N^{-1/3}$  равна:

$$U(r_{12}) = -\frac{\alpha R_y a_0^4}{r_{12}^4}, \quad (1)$$

где  $r_{12}$  - расстояние между атомом и ионом,  $\alpha = \alpha_0 / a_0^3$ ,  $\alpha_0$  - поляризуемость атома,  $a_0 = 0.529 \times 10^{-8}$  см - радиус Бора,  $R_y = 13.6$  эВ - постоянная Ридберга,  $N$  - числовая плотность атомов. Сечение поляризационных столкновений  $\sigma_{pol} \propto 1/v_{12}$ . Для определения подвижности иона в случае преобладания поляризационных столкновений пригодна модель постоянной (не зависящей от скорости) частоты столкновений иона. Естественно, что на больших расстояниях важны эффекты экранировки, а на малых расстояниях не работает линейное приближение для поляризации. Тем не менее, поляризационное приближение дает очень хорошую точность для коэффициентов подвижности ионов в несобственном газе.

Модель абсолютно жестких, упругих сфер является хорошим приближением для описания взаимодействия атомов на близких расстояниях при небольших энергия столкновения. Газокинетическое сечение в модели столкновений упругих сфер равно:

$$\sigma_{gas} = \pi d_{gas}^2, \quad (2)$$

где  $d_{gas}$  эффективный диаметр атомов может быть определен из данных о вязкости газов [21].

Задача столкновения двух жестких сфер с разными диаметрами  $d_1$  и  $d_2$ , массами  $m_1$  и  $m_2$ , может быть сведена к задаче рассеяния одной частицы на неподвижном центре. На близких расстояниях, сравнимых с диаметром атома, ион отталкивается от атома из-за взаимодействия электронных оболочек. Короткодействующую отталкивательную часть потенциала взаимодействия при энергиях столкновения  $\varepsilon_r < Ru$  можно аппроксимировать зависимостью

$$U(r_{12}) = U_0 \exp(-r_{12}/a_d), \quad (3)$$

где  $U_0, a_d$  - положительные константы [22]. В этом случае диффузионное сечение равно:

$$\sigma_d = \pi d^2 = \pi a_d^2 \ln^2(U_0/\varepsilon_r). \quad (4)$$

Это сечение слабо зависит от энергии столкновения, поэтому при сближении иона с атомом до расстояния порядка атомного размера, можно использовать модель твердых сфер с диаметром  $d_{sphere} = \frac{1}{2}(d_{gas} + d_{ion})$ . В качестве диаметра иона можно выбрать диаметр атомов из данных о вязкости газов.

При больших энергиях  $\varepsilon_r \gg Ru$  и малых прицельных параметрах ион с атомом могут сближаться до расстояний, меньших диаметра атома. В этом случае ион с атомом взаимодействуют, как экранированные кулоновские частицы с зарядом ядер  $Ze$ . Это взаимодействие с хорошей точностью описывается потенциалом Юкавы:

$$U(r_{12}) = \frac{Z^2 e^2}{r_{12}} \exp(-r_{12}/a_d). \quad (5)$$

**Алгоритм для моделирования ион - атомных столкновений.** Для моделирования ион-атомных столкновений при движении иона в однородном электрическом поле проводилось интегрирование уравнений движения ионов. Для этого использовалась стандартная схема Рунге-Кутты второго порядка точности. На каждом шагу по времени разыгрывалось столкновение иона с атомом. Перечислим основные этапы разработанного алгоритма ион - атомного столкновения:

1) в системе центра масс сталкивающихся частиц в соответствии с вероятностью столкновения случайным образом выбираются скорости и прицельный параметр столкновения;

2) при движении частиц в системе центра масс с поляризационным потенциалом взаимодействия (1) определяются: расстояние наибольшего сближения  $r_{min}$ , относительная скорость частиц в точке наибольшего сближения  $v_{12}(r_{min})$ , угол рассеяния  $\chi$ ;

3) если  $r_{min} > d_{gas}$ , то скорости иона и атома отклоняются на угол  $\chi$ ;

4) если  $r_{min} < d_{gas}$ , то скорости иона и атома пересчитываются в соответствии с законом столкновения упругих сфер, расстояние наибольшего сближения полагается равным  $r_{min} = d_{gas}$ , определяется относительная скорость частиц в точке наибольшего сближения  $v_{12}(r_{min})$ ;

5) вычисляется сечение резонансной перезарядки  $\sigma_{res}(v_{12}(r_{min}))$  для относительной скорости частиц в момент наибольшего сближения  $v_{12}(r_{min})$ ;

б) если расстояние наибольшего сближения  $r_{\min} < r_{ct} = (2\sigma_{res}(v_{12}(r_{\min}))/\pi)^{1/2}$ , то с вероятностью  $1/2$  скорости иона и атома меняются;

7) пересчитываются скорости в лабораторной системе, накапливается статистика по различным характеристикам столкновений.

Разработанный алгоритм воспроизводит известное решение кинетического уравнения Больцмана для дрейфа заряженных твердых сфер [23], подвижность в пределе слабого поля [24], а также известные теоретические результаты по кинетике столкновения упругих сфер [21].

**Результаты.** В данной работе методом Монте Карло проведено моделирование траекторий ионов в плотной плазме инерционного термоядерного синтеза. Главным преимуществом расчета методом Монте Карло состоит в том, что он позволяет учитывать любой физический процесс непосредственно. Например, локальные и нелокальные неупругие потери энергии, энергию связи между различными атомами, замещающие столкновения и так далее. Кроме того, можно получить точные решения для многокомпонентных и многослойных мишеней сложной геометрии, что позволяет моделировать реальное взаимодействие плазмы с ионным пучком. В работе рассмотрена взаимодействие ионов ксенона в меди и бериллии, также ионов железа в смеси дейтерия, трития и водорода при различных значениях энергий.

На рисунке 1 приведены траекторий ионов ксенона с начальной энергией 5 кэВ, 15 кэВ и 30 кэВ в меди. На рисунке 2 приведены траекторий ионов ксенона с начальной энергией 30 кэВ, 100 кэВ и 300 кэВ в бериллии. На рисунке 3 представлены траекторий ионов железа в смеси дейтерия, трития и водорода с начальной энергией 30 кэВ.

На рисунке 1 показаны результаты расчетов тормозных характеристик однозарядных ионов железа с начальной энергией изотопов водорода 30 кэВ с температурой 500 К: а) траектория ионов железа в изотопе водорода - протий; б) дейтерий; в) тритий.

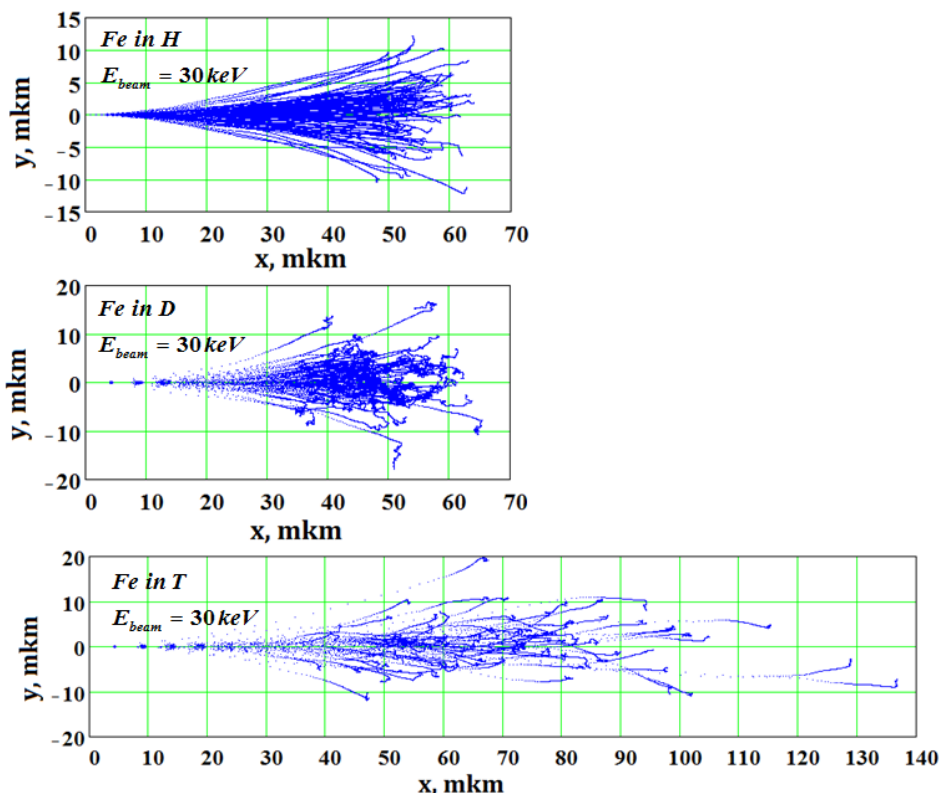


Рис. 1. Пробег ионов железа в смеси дейтерия, трития и водорода

На рисунке 2 показан пробег ионов ксенона в меди: а) с начальной энергией 5 кэВ; б) 15 кэВ; в) 30 кэВ. Зависимость энергии ионов хорошо известна экспериментальными данными ксенона в меди [25]. Еще одна интересная особенность этих результатов - эффект анизотропной дифференциально-дисперсионной остановки ионов (отрыв) в продольном направлении вдоль направления пучка примерно в два раза выше, чем в поперечном направлении. Более подробный анализ этого явления

будет выполнен в дальнейшей работе. На рисунке 3 показаны траектории ионов ксенона в меди, полученные из SRIM, для различных диапазонов начальной энергии. Наши расчеты с использованием методов Монте-Карло имеют хорошее согласие по сравнению с результатами SRIM, что подтверждает правильность наших расчетов и позволяет рассчитать другие динамические характеристики.

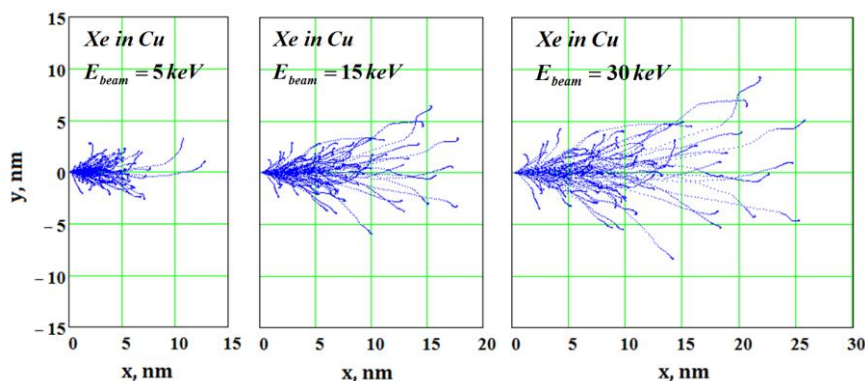


Рис. 2. Пробег ионов ксенона в меди

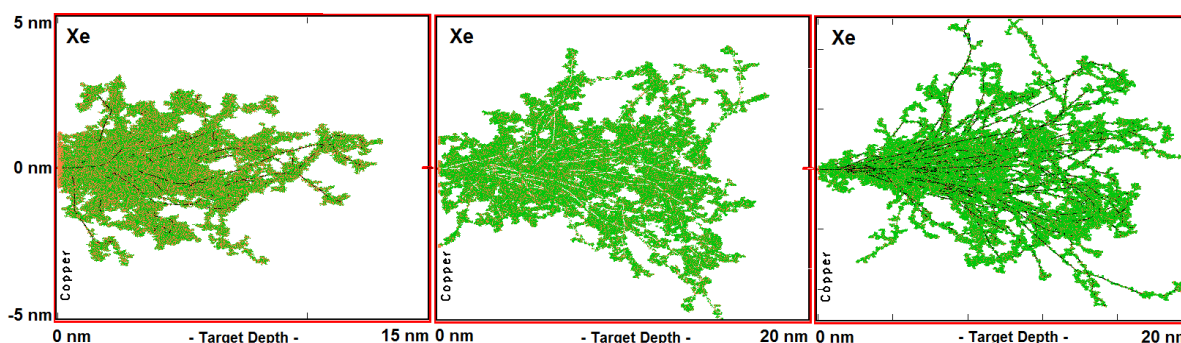


Рис. 3. Результаты, полученные из SRIM: траектории ионов ксенона в меди

Траектория каждого иона начинается с задания его положения, направления движения и энергии. Затем прослеживается последовательность столкновений иона с атомами мишени; между столкновениями свободный пробег иона предполагается прямолинейным. На пути каждого свободного пробега энергия частицы уменьшается на величину электронных потерь энергии, а затем, после столкновения, на так называемые ядерные, или упругие, потери энергии, т. е. на энергию, переданную атому мишени при столкновении.

Расчет методом Монте Карло основан на модели парных столкновений и траектория иона определяется рядом последовательных парных столкновений с атомами мишени. Это допущение может не соблюдаться при очень низких энергиях, когда заметное рассеяние ионов происходит даже на большом удалении от ядер атомов мишени, а также при моделировании имплантации высокоэнергетичных ионов. В последнем случае в конце траектории в области максимума упругих потерь энергии плотность атомов отдачи становится очень высокой и пренебрегать их взаимодействием между собой нельзя.

**Заключение.** Инерционный синтез на тяжелых ионах более перспективен, так как более эффективно происходит поглощение энергии, выше частота повторения импульсов и больше энергия в импульсе. Основной энергетический вклад пучка тяжелых ионов в разных типах термоядерных мишеней происходит в плотной, высокотемпературной плазме, образованной этим же энергетическим вкладом. Таким образом, пробеги тяжелых многозарядных ионов в мишени, и ионизационные потери обусловлены тормозной способностью плотной высокотемпературной плазмы. Поэтому, знание величин пробегов и профилей энергетического вклада быстрых и тяжелых, заряженных частиц в плазме позволят более точно определить характеристики термоядерной мишени.

*Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки Республики Казахстан в рамках гранта 3083/ГФ4 (2016).*

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Zh. A. Moldabekov, P. Ludwig, M. Bonitz, and T. Ramazanov // Phys. Rev. E. – 2015. – Vol. 91. – P. 023102.
- [2] Zh. A. Moldabekov, P. Ludwig, J.P. Joost, M. Bonitz, and T. Ramazanov // Contrib. Plasma Phys. -2015. – Vol.55. - P. 186.
- [3] S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, M.K. Issanova, Zh.A. Moldabekov, G. Nigmatova // Contrib. Plasma Phys. -2015. – Vol.55, No. 2-3, p. 271 – 276.
- [4] T. S. Ramazanov, S. K. Kodanova, Zh. A. Moldabekov, and M. K. Issanova // Phys. Plasmas. – 2013. – Vol. 20. – P. 112702.
- [5] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, D.H.H. Hoffmann // Contrib. Plasma Phys. – 2016. – Vol. 56. – № 5. – P. 425-431.
- [6] M.K. Issanova, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, N.Kh. Bastykova, Zh.A. Moldabekov, C.-V. Meister // Laser and Particle Beams. – 2016. – Vol. 34. – P. 457-466.
- [7] M.K. Issanova, M.T. Gabdullin, S.K. Kodanova, T.S. Ramazanov, T. Ismagambetova // Nukleonika. - 2016, - Vol. 61. - №2. – P. 125.
- [8] P. E. Grabowski, M.P. Surh, D.F. Richards, F.R. Graziani, and M.S. Murillo // Phys. Rev. Lett. – 2013. – Vol. 111. – P. 215002.
- [9] L. X. Benedict et al // Phys. Rev. E. – 2012. – Vol. 86. – P. 046406.
- [10] Woo-Pyo Hong and Young-Dae Jung // Phys. Plasmas. – 2015. – Vol. 22. P. 012701.
- [11] Dae-Han Ki and Young-Dae Jung // Phys. Plasmas. – 2010. – Vol. 17. – P. 074506.
- [12] O. Hurricane et al // Nature. – 2014. – Vol. 506. – P. 343.
- [13] M. E. Cuneo et al // IEEE Trans. Plasma Science. – 2012. – Vol. 40. – P. 3222.
- [14] D. H. H. Hoffmann, A. Blazevic, P. Ni et al // Laser and Particle beams. – 2005. – Vol. 23. – P. 47.
- [15] D. H. H. Hoffmann, K. Weyrich, H. Wahl et al // Phys. Rev. A. – 1990. – Vol. 42. – P. 2313.
- [16] D. H. H. Hoffmann, J. Jacoby, W. Laux et al // Phys. Rev. Lett. – 1995. – Vol. 74. – P. 1550.
- [17] J. A. Frenje, P. E. Grabowski, C. K. Li, F. H. Seguin, A. B. Zylstra, M. Gatu Johnson, R. D. Petrasso, V. Yu Glebov, and T. C. Sangster // Phys. Rev. Lett. – 2015. – Vol. 115. – P. 205001.
- [18] A. B. Zylstra, J. A. Frenje, P. E. Grabowski, C. K. Li, G. W. Collins, P. Fitzsimmons, S. Glenzer, F. Graziani, S. B. Hansen, S. X. Hu, M. Gatu Johnson, P. Keiter, H. Reynolds, J. R. Rygg, F. H. Seguin, and R. D. Petrasso // Phys. Rev.Lett. – 2015. – Vol. 114. – P. 215002.
- [19] J.F. Ziegler, M.D. Ziegler, J.P. Biersack // Nucl. Instr. Meth. in Phys. Res. B. - 2010. - Vol. 268. - P. 1818–1823.
- [20] M.H. Mendenhall, R.A. Weller // NIM. - 2005. - Vol. 227. - P.420-430.
- [21] С.Ю. Лукьянов, Н.Г. Ковальский // М.: МИФИ, 1999. – С. 425.
- [22] Г. Бёрд // М.: Мир, 1981.
- [23] И. Мак-Даниэль, Э. Масон // М.: Мир, 1976.
- [24] R.D. White, R.E. Robson, K.F. Ness // Com. Phys. Comm. - 2001. - Vol. 142. - P. 349.
- [25] Yu.V. Gott 1978 Interaction of particles with matter in plasma studies (Moscow: Atomizdat).

Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Исанова М.К., Голятина Р.И., Майоров С.А.

**Монте Карло әдісімен есептелген тығыз плазмадағы иондардың траекториясын визуализациялау**

**Түйіндеме.** Жұмыста инерциялық термоядролық синтез тығыз плазмасының иондарының тежелуі Монте Карло әдісі арқылы есептеулер жүргізілді. Компьютерлік модельдеу нәтижесі болып энергеия жоғалтулары, орташа шашырау бұрышы, ену тереңдігі, бөлшектердің тиімді жүруі сияқты динамикалық сипаттамалары бойынша сандық мәліметтер болып табылады. Жұмыс нәтижесінде термоядролық синтез тығыз плазмасының иондарының траекторияларын үшөлшемді визуалдау бағдарламасы жасалды.

**Түйін сөздер:** тығыз плазма, екікомпонентті плазма, инерциялық термоядролық синтез, ауыр иондар, инерциялық термоядролық синтез нысаналары.

Kodanova S.K., Ramazanov T.S., Issanova M.K., Golyatina R.I., Maiorov S.A.

**Visualization ion trajectories in a dense plasma calculated by the method Monte Carlo**

**Summary.** In this paper, the Monte Carlo method was used to simulate ion trajectories in a dense plasma of inertial confinement fusion. The results of computer simulation are numerical data on the dynamic characteristics, such as energy loss, penetration depth, the effective range of particles, stopping and straggling. By the results of the work the program of 3D visualization of ion trajectories in a dense plasma of inertial confinement fusion was developed.

**Keywords:** dense plasma, stopping, two-temperature plasma, inertial confinement fusion, heavy ions, inertial confinement fusion targets.

УДК 519.63

**Л.М.Тукунова**

(Университет «Нархоз», Алматы, Республики Казахстан,  
[tuken\\_lei06@mail.ru](mailto:tuken_lei06@mail.ru))

**ОБ ОДНОМ ПРИБЛИЖЕННОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ  
ЗАДАЧИ УРАВНЕНИИ НАВЬЕ-СТОКСА**

**Аннотация.** В работе рассматриваются метод фиктивных областей для решения краевых задач уравнении Навье-Стокса. Доказывается приближенное решение для краевых задач уравнении Навье-Стокса.

**Ключевые слова:** уравнение Навье-Стокса, краевая задача, приближенное решение.

**Постановка задачи.** Рассмотрим систему уравнений Навье-Стокса

$$\frac{\partial u}{\partial t} + (u \cdot \nabla)u = \mu \Delta u - \nabla P + f, \tag{1}$$

$$\nabla \cdot u = 0, \quad (x, t) \in \Omega \times (0, T), \quad T > 0, \tag{2}$$

с начально-краевыми условиями

$$u|_{t=0} = 0, \quad u|_{\partial\Omega} = 0, \tag{3}$$

здесь  $\partial\Omega$  - граница области  $\Omega$ .

Пусть  $\Omega$  область в  $R^3$  содержащиеся в кубе  $Q \subset R^3$  с ребрами равными  $2\pi$ . Обозначим  $\Omega_T = \Omega \times (0, T)$ ,  $Q_T = Q \times (0, T)$ .

Допускаем выполнения следующих предположений :

**Определение 1.** Граница области  $\Omega$  определяется уравнением  $F(x) = 0$ , где  $F(x)$ - бесконечно дифференцируемая, периодическая функция с периодом  $2\pi$  и такая, что  $F(x) > 0$  при  $x \in \Omega$  и  $F(x) < 0$  при  $x \in \Omega$  и

$$|F(x)|^2 + \sum_{i=1}^3 \left| \frac{\partial F(x)}{\partial x_i} \right|^2 \geq C_0 > 0 \text{ при } x \in \Omega.$$

**Определение 2.** Функция  $f(x, t) \in C^{6,5}(\Omega_T)$  и задача (1)-(3) имеет единственное решение  $(u, P)$  такое, что

$$u \in C^{7,6}(\Omega_T), \quad P \in C^{6,6}(\Omega_T).$$

Предположения гладкости  $\partial\Omega$  и  $f$  в вопросах приближенного решения задачи (1)-(3) во многих случаях не ограничивает общности, ибо  $\partial\Omega$  и  $f$  с любой точностью можно приблизить гладкими.

Тем не менее в приложениях может встретиться случай, когда замена заранее заданной точностью  $\partial\Omega$  и  $f$  гладкими, сама по себе окажется трудной задачей. Положим

$$\Psi_N(\eta) = N\Psi(\eta/N) = N\text{Sin}(\eta/N).$$



Предположение (Определение 2) при достаточно больших  $N > 0$  позволяет приближенно заменить задачу (1)-(3) следующей

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} + \sum_{i=1}^3 \Psi_N(u_i) \Psi_N\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right) = \mu \Delta u_j - \frac{\partial P}{\partial x_j} + f_j, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad j = 1, 2, 3, \\ u|_{t=0} = 0, \quad u|_{\partial\Omega} = 0. \quad (5)$$

Эта задача является возмущенной эволюционной задачей Стокса, причем возмущение ограниченное, хотя нелинейное. Поэтому от решения задачи (4), (5) уже нет необходимости требовать выполнения условия (Определение 2), а достаточно требовать гладкости  $f$ . Тогда условия (Определение 2) будут следствиями известных результатов о гладкости решения линейной задачи Навье-Стокса и результатов теории возмущения [1], [2]. Поэтому дальнейшем будем считать, что решение задачи (4), (5) удовлетворяет (Определение 2).

Пусть  $R(x) \in C_0^\infty(R^3)$ ,  $Supp R(x) \subset Q$ . При  $0 < \delta < 1$  и  $x \in Q$  положим

$$R_\delta(x) = R\left(\frac{x}{\delta}\right).$$

Вне  $Q$  функцию  $R_\delta(x)$  продолжим периодической.

Введем оператор

$$(G_\delta u)(x, t) = \frac{C}{\delta^4(t + \delta)} \int_{(1-\delta)t}^t \left( \int_Q R_\delta(x - y) u(y, \eta) dy \right) d\eta, \quad (6)$$

где  $C$  находится из условия

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} (G_\delta 1)(x, t) = 1. \quad (7)$$

Стандартными приемами, используемые в теории вложения [3], [4], а так же в теории приближения, легко доказать, что имеет место следующая

**ЛЕММА 1.** Пусть в (6)  $C$  выбрана из условия (7). Тогда для любой функции  $u(x, t)$  удовлетворяющей предположению (Определение 2) имеет место утверждение

$$(G_\delta u)(x, t) \rightarrow u(x, t) \quad \text{при} \quad \delta \rightarrow 0. \quad (8)$$

Поэтому, используя оператор (6) систему (4), (5) можно заменить следующим ее приближением

$$\frac{\partial u_j}{\partial t} + G_\delta \left( \sum_{i=1}^3 \Psi_N(u_i) \Psi_N\left(\frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right) \right) = \mu \Delta u_j - \frac{\partial P}{\partial x_j} + f_j, \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^3 \frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0, \quad (x, t) \in \Omega_T, \quad j = 1, 2, 3, \quad (10)$$

$$u|_{t=0} = 0, \quad u|_{\partial\Omega} = 0.$$

Эта система, как и система (4), (5) является возмущенной эволюционной задачей Стокса [5]. Причем возмущение ограниченное и компактное в силу ввода  $G_\delta$ . Для правой части и решения (9), (10) предполагается выполнение условия (Определение 2), откуда нетрудно получить существование решения (9), (10). Согласно классическим теоремам продолжения функции  $u_j, P, f_j$  можно продолжить из  $\Omega_T$  на  $Q_T$  чтобы  $u_j, P, f_j$  были периодическими и оставались ограниченными по норме пространства  $C^{6,6}(Q_T)$ . Таким образом к (9), (10) можно дописать условие

$$u, p \in C^{6,6}(Q_T) \quad (11)$$

Введем оператор

$$K * v = \int_Q K(x-y)v(y)dy.$$

Справедлива следующая

**ЛЕММА 2.** Пусть  $K(x) \in C^7_{\Pi}(-\pi, \pi)$ -периодическая по всем переменным с периодом  $2\pi$  и семь раз непрерывно дифференцируемая функция такая, что все ее коэффициенты Фурье  $K_n$  по тригонометрической системе  $\{e^{i\langle n, x \rangle}\}$  не равны нулю. Тогда для любого  $u \in C^{6,6}(Q_T)$  и  $\varepsilon > 0$  найдется функция

$$v(x, t) = \sum_{|n| \leq \tilde{n}(\varepsilon)} C_n(t) e^{i\langle n, x \rangle}, \quad (12)$$

где  $0 < \tilde{n}(\varepsilon) < \infty$ ,  $C_n(t) \in C^5(0, T)$ , такая, что

$$\|u - K * v\|_{C^{5,4}(Q_T)} \leq \varepsilon.$$

Здесь функции  $C_n(t)$  не зависят от пространственных переменных и пять раз непрерывно дифференцируемы по  $t$ . Эта лемма является простым результатом теории приближений. Изложим схему доказательства. Пусть  $K_n, u_n(t)$  коэффициенты Фурье по тригонометрической системе функции  $K(x)$  и  $u(x, t)$  соответственно. Возьмем

$$v_n(t) = \begin{cases} K_n^{-1} u_n(t) & \text{при } |n| \leq \tilde{N}, \\ 0 & \text{при } |n| > \tilde{N}, \end{cases}$$

где  $\tilde{N}$  - достаточно велико.

Пусть

$$v(x, t) = \sum_{\{n\}} u_n(t) e^{i\langle n, x \rangle},$$

тогда

$$\begin{aligned} u(x, t) - K * v &= \sum_{\{n\}} u_n(t) e^{i\langle n, x \rangle} - \int_Q K(x - \eta) v(\eta, t) d\eta = \\ &= \sum_{\{n\}} u_n(t) e^{i\langle n, x \rangle} - \sum_{\{n\}} K_n v_n(t) e^{i\langle n, x \rangle} = \sum_{|n| > \tilde{N}} u_n(t) e^{i\langle n, x \rangle}. \end{aligned}$$

В силу этого равенства и  $u \in C^{6,5}(Q_T)$  из результатов теории приближений [5] вытекают результаты леммы 2.

**ЛЕММА 3.** Пусть  $u(x, t) \in C^{6,5}(Q_T)$  и  $u|_{t=0} = 0$ ,  $u|_{\partial\Omega} = 0$ .

Тогда

$$u(x, t) = \int_0^t F(x) v(x, \eta) d\eta \quad u \quad v(x, t) \in C^{5,4}(Q_T).$$

Доказательство. Имеем  $\frac{\partial u}{\partial t} \in C^{6,4}(Q_T)$ ,  $\frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{\partial\Omega} = 0$ . В окрестности любой точки

$x^0 \in \partial\Omega$  функцию  $\frac{\partial u}{\partial t}$  можно разложить в ряд Тейлора с остатком. При этом за одну из

локальных координатных осей взять нормаль к  $\partial\Omega$  в точке  $x^0 \in \partial\Omega$ .

Поэтому лемма есть следствие соотношений

$$\frac{\partial u}{\partial t} \in C^{6,4}(Q_T) \quad \text{и} \quad \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{\partial\Omega} = u|_{\partial\Omega} = 0.$$

Приближенным решением задачи (9), (10) назовем элементы последовательности  $u^m = (u_1^m, u_2^m, u_3^m)$ ,  $P^m$  для достаточно больших  $m$ , (при  $m \rightarrow \infty$ ), если

$$\begin{aligned} N^m \rightarrow 0, \quad \text{слабо}, \quad \|u^m\|_{L_{2,3}(Q_T)} \leq C < \infty, \quad \|P^m\|_{L_2(Q_T)} \leq C < \infty, \\ \operatorname{div} u^m \rightarrow 0 \quad \text{слабо}, \quad u^m|_{t=0} = 0, \quad u^m|_{\partial\Omega} = 0, \end{aligned}$$

где

$$\begin{aligned} N^m &= (N_1^m, N_2^m, N_3^m), \\ N_j^m &= \frac{\partial u_j^m}{\partial t} - \mu \Delta u_j^m + G_\delta \left( \sum_{i=1}^3 \psi_N(u_i^m) \psi_N \left( \frac{\partial u_j^m}{\partial x_i} \right) \right) + \frac{\partial p^m}{\partial x_j} - f_j, \quad j = 1, 2, 3. \end{aligned}$$

Введем функционал

$$J(v, P) = \int_{\Omega_T} \chi_{\Omega_T} |M(v, P)|^2 dxdt + \int_{\Omega_T} \chi_{\Omega_T} |Rv|^2 dxdt, \quad (13)$$

где  $\chi_{\Omega_T}$  - характеристическая функция  $\Omega_T$ ,

$$Rv = \operatorname{div}(F(x) \int_0^t (K * v)(x, \eta) d\eta), \quad M(v, p) = (M_1, M_2, M_3),$$

$$M_j(v, P) = F(K * v_j) - \mu \Delta \int_0^t F(x)(K * v_j)(x, \eta) d\eta +$$

$$+ G_\delta \left( \sum_{i=1}^3 \psi_N \left( \int_0^t F(x)(K * v_i)(x, \eta) d\eta \right) \psi_N \left( \frac{\partial}{\partial x_i} \int_0^t F(x)(K * v_j)(x, \eta) d\eta \right) \right) +$$

$$+ \frac{\partial}{\partial x_j} (K * P) - f_j, \quad j = 1, 2, 3.$$

Лемма доказана. Предложенная схема может быть модернизирована для использования к общим уравнениям Навье-Стокса, магнитной газовой динамики и др.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Ладыженская Д.А. Математические вопросы динамики вязкой несжимаемой жидкости. – М.: Наука, 1970, - 289 с.  
 [2] Смагулов Ш. Метод фиктивных областей для краевой задачи уравнений Навье-Стокса: Препринт № 68. – Новосибирск, 1979, 22 с.  
 [3] Никольский С.М. Приближение функции многих переменных и теорем вложения.: Наука, 1969. - 480 с.  
 [4] Лионс Ж.-Л. Некоторые методы решения нелинейных краевых задач. – М.: Мир, 1972. – 371 с.  
 [5] Соболев С.Л. Некоторые применения функционального анализа в математической физике. – Новосибирск: Сиб. отделение АН СССР.

Тукенова Л.М.

#### **Навье-стокс теңдеуінің бастапқы шеттік есебін шешудің жуықтау әдісі**

**Түйіндеме.** Навье-Стокс теңдеуінің шекаралық есептерін шешу үшін жалған жуықтау әдісі қарастырылады. Навье-Стокс теңдеуі үшін шекаралық есептерге шамамен жуықтау шешімі қабылданады.

**Түйінді сөздер:** Навье-Стокс теңдеуі, шекаралық есеп, жуық шешімдер.

Tukenova L.M.

#### **On one approximate method of solving the primary-boundary problem of the navier-stokes equation**

**Summary.** The method of fictitious domains for solving boundary value problems of the Navier-Stokes equation is considered. An approximate solution is obtained for boundary value problems for the Navier-Stokes equation.

**Key words:** Navier-Stokes equation, boundary-value problem, approximate solution.

УДК 624.151.6

**А. Р. Баймахан**

(Казахский национальный университет имени аль – Фараби,

**Б. Оразхан,**

**С. Куттыбекова, Р. Б. Баймахан**

Казахский государственный женский педагогический университет,

Алматы, Республика Казахстан)

## **О ВЛИЯНИИ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ ГРУНТА ВОКРУГ ФУНДАМЕНТНОГО ОСНОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦИИ И КРЕНА ЗДАНИЯ**

**Аннотация.** Приведены результаты исследования НДС с помощью МКЭ слабого, но сложного по строению под фундаментного грунтового основания с зданием моделированной известной моделью наклоннослоистого горного массива Ж.С. Ержанова, Ш.М. Айталиева, Ж.К. Масанова. Такая постановка задачи обоснована анализом массовых обрушении домов целого микрорайона "Бесоба г. Караганды Казахстана. Излагаются результаты исследования различной степени и возможные варианты водонасыщенности в процентном отношении подфундаментного грунтового основания, реконструируется и обрисовываются формы деформации и крена зданий вместе с фундаментом, которые завершались обрушениями.

**Ключевые слова:** анизотропия, водонасыщенность, грунт, деформация, основание, фундамент, слоистое строение, разжижение, трещина

Известно, что одной из причин частых обрушении здания и сооружений является высокая степень подпитанности различными вариантами водопроницаемости и водонасыщенности грунтового основания приповерхностного толщии массива грунта. К таким типам грунтов относится высохшее когда - то дно озера. В течение десятков и сотен тысячелетий иногда воды рек возвращались на прежние русла с изменением направлений тектонического сжатия и с образованием новых геосинклинальных и антисинклинальных структур. Примером тому может служить картина имевшая место в Японском городе Ниигата. Дома города были построены на грунтах русла реки существовавшего в геологическом прошлом. В 1964 г. 16-июня при 8-балльном землетрясении многие дома города стали накрываться, и упали целиком не разрушаясь (верхний рисунок 1) [1].

Весной 2009 г. из -за проникания грунтовых вод к области фундаментного основания новые дома города Шанхая Китай высотный 13 этажный дом тоже сначала накренился, а затем быстро обрушился (средний рисунок 1) [2].

Такая картина даже без землетрясений имела место в 2012 г. домами микрорайона «Бесоба» города Караганды Казахстана (нижний рисунок 1) [3].

В апреле сначала на стенах дома №7 появились вертикальные трещины над фундаментом. В последующие сутки размеры трещин стали увеличиваться, расширяясь по ширине, быстро достигли крыши дома. На седьмой день этот дом обрушился полностью и в это время многие другие стали накрываться. В течение трех месяцев продолжались новые и массовые обрушения домов.

Если искать причину столь быстрого и массового обрушения домов, то остается предположение о проникании воды фильтрационными поднятиями к земной поверхности. Если г. Ниигата и дома микрорайона "Бесоба" построены на грунтах бывшего озера, то рядом с обрушенного дома в Шанхай буквально рядом протекала река.

Поэтому исследования напряженно-деформированных состоянии сложных грунтовых оснований проектируемых высотных зданий и сооружений все время остается особо ответственным вопросом.

С этой целью проведены исследования и решена практическая задача по определению НДС методом конечных элементов сначала для сухого грунта. С помощью методик работ [4], поперечное сечение системы "здание -фундамент -грунт" (рисунок 1а), были разбиты на 12520 изопараметрические конечные элементы четырехугольной формы с общим количеством узловых точек 12895. Данные о геометрических размерах и физико -механических свойствах этих сооружений и для грунтов основания анизотропного строения взяты из работ [5], [6], [7].

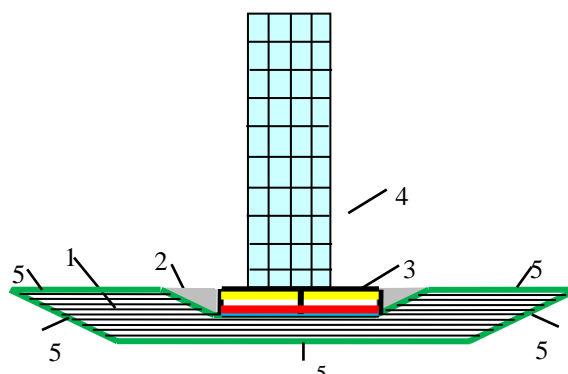
Для выяснения механизма показанных обрушений необходимо исследовать возможные деформационные процессы фундаментов на влияние степени водонасыщенности подфундаментного грунта.



**Рис. 1.** Накрененные и обрушенные дома в Японии (Ниигата, 1964г.), в Китай (Шанхай, 1913г.) и в Казахстане (Караганда, 2012г) из-за водонасыщения грунтовой оснований.

Физико-механические свойства грунтовой толщи для проведения расчетов взяты из источников [8], [9], [10], [11], [12]. Для математического моделирования расчетной области грунтового основания и фундамента со зданием применялась методики работ [6]. Неоднородные по составу грунты оснований и данные об их физико-механических свойствах взяты из работ [11] и приведены к эквивалентно анизотропной среде.

Конечноэлементная расчетная схема показана на рисунке 2.



**Рис. 2.** Конечно - элементная модель расчетной схемы задачи «здание – фундамент -слоистое грунтовое основание»: 1- Горизонтально слоистые грунты основания; 2-обратные засыпки; 3-фундамент; 4-здание; 5- внешние границы котлована

Показанны на рисунке поперечное сечение расчетной схемы горизонтально вместе с горизонтально слоистым основанием -  $\varphi = 0$ , были разбиты на 30 000 изопараметрические элементы четырехугольной формы с общим количеством узловых точек 31200. С вычетом закрепленных степеней свободы граничных узлов составлена система уравнений равновесия. Затем полученная система уравнений равновесия решалась итерационной процедурой Гаусса-Зейделя.

Некоторые результаты исследований и расчетов по определению деформированных состояний зданий и фундамента показаны на рисунках 3а и 3б.

Для иллюстрации концентрации разрушающих напряжений в грунтах на контактах с фундаментом показаны для трех характерных углов заложений. Это горизонтальная слоистость  $\varphi=0$ , слоистость под углом  $\varphi=45^\circ$  и вертикальная слоистость  $\varphi=90^\circ$ . На этих рисунках показаны эпюры

деформации в виде компонент перемещений полученные от действия гравитационного веса и зданий и водонасыщенности грунта основания.

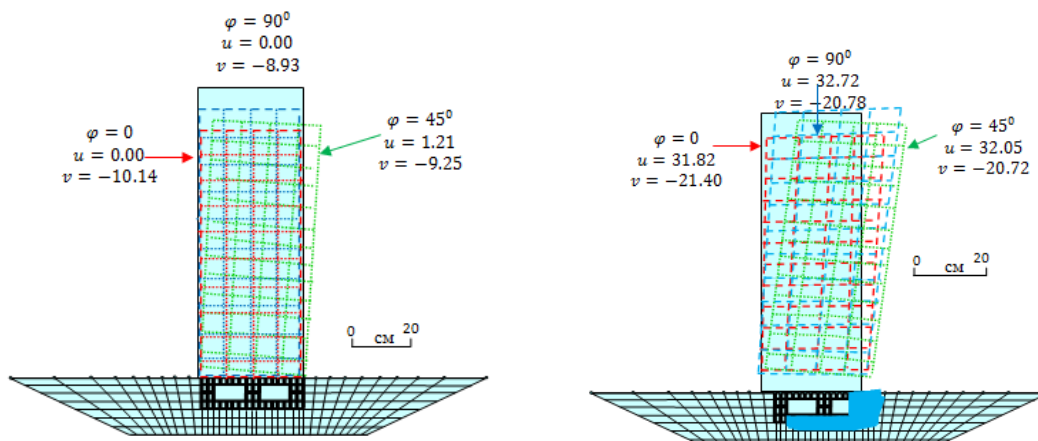


Рис. 3. Деформированные состояния здания от нагрузки его собственного гравитационного веса на грунтовое основание при различных углах наклона плоскости изотропии грунтовых слоев в основании:  $\varphi=0$ ,  $\varphi=45^\circ$  и  $\varphi=90^\circ$  (а) и с учетом водонасыщенности подфундаментной грунтовой основания (б).

Анализ картин деформационных состояний фундамента и дома показывает, что в первом варианте симметрия вертикальной осадки нарушается. Величины вертикальной компоненты перемещений  $v$  на правой части основания здания на земной поверхности больше на 18 см по сравнению левого основания. В результате фундамент и дом целиком упруго деформируются вниз креном на право. Во втором варианте при меньшей мощности объема, но большей степени водонасыщенности (50%) грунта величина компонент перемещений  $v$  увеличивается еще на 9 см на правой части здания.

Показанные рисунками результаты анализов позволяют объяснить механизм обрушения дома или зданий с нарастаниями деформации осадок по причине увлажненностью и проникновениями воды на около фундаментные грунты различной степени в процентном отношении. Именно при каких вариантах происходят крены и обрушения.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] [kataklyzm.ru>articles/zemletryaseniya...iyunya-1964...](http://kataklyzm.ru/articles/zemletryaseniya...iyunya-1964...)
- [2] [korrespondent.net/Мир...-ruhnul-13-etazhnyj-dom, trinity.ru>35883-v-shanxae-strannym...13.html](http://korrespondent.net/Мир...-ruhnul-13-etazhnyj-dom, trinity.ru>35883-v-shanxae-strannym...13.html)
- [3] [Kazakhstan Today. http://anti-russia.livejournal.com/5696.htm](http://Kazakhstan Today. http://anti-russia.livejournal.com/5696.htm).
- [4] 4.Техническое Заключение по экспертному обследованию и оценке технического состояния строительных конструкций домов №№5 ,6, 7/1 жилого комплекса “Бесоба” г. Караганды, район им. Казыбек би в рамках защитно-страховочных мероприятий по ликвидации ЧС.-2012г.
- [5] Баймахан Р.Б., Сейнасинова А.А. Напряженное состояние слабосвязанного массива в окрестности подземной выработки. МОН Кыргызской Республики. Бишкек 2014. 170с
- [6] Баймахан Р.Б. Расчет сеймонапряженного состояния подземных сооружений в неоднородной толще методом конечных элементов. под редакцией академика НАН РК Айтиалиева Ш.М. Алматы, 2002., – 232с.
- [7] Ержанов Ж.С., Айтиалиев Ш.М., Масанов Ж.К. Монография. Устойчивость горизонтальных выработок в наклонно-слоистом массиве. - Алма-Ата:1971:-160 с.
- [8] Кожамкулова Ж.Ж., Баймахан Р.Б. Разработка методик расчета прочности нефтепроводов на воздействия тектонических и сейсмических сил. Труды седьмой международной научно-практической конференции «Проблемы инновационного развития нефтегазовой индустрии». Алматы, КБТУ, 9-11 апреля, 2015. с. 316-320.
- [9] Кулмаганбетова Ж.К. Моделирование напряженно-деформированного состояния системы «здание-оползневые склоны». Специальность: 05.13.18 –«Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Автореф., ... дисс. канд. техн. наук –Алматы, 2010, –19
- [10] Рысбаева А.К. Критерий определения устойчивости оползневых склонов. Сб. материалов Международной научно-методической конференции Актуальные вопросы естественно-научных дисциплин МОК КазГАСА Алматы, 2014. С. 47-50



[11] T. Yoshimura, N. Fukuda, M. Hyodo and A. R. Baimakhan. Importance to Evaluate of Fault Fracture Zones for Construction of Infrastructures in Mountain Area by  $\gamma$ -Ray Survey. *International Joint Symposium on Problematic Soils and Geoenvironment in Asia*. 22 – 23 November 013, Okinawa, Japan

[12] Яхияев Ф.К. Математическое моделирование движения оползня потока. // Вестник Национальной инженерной академии Республики Казахстан. Серия прикладная математика и информатика. – 2008 - №1(27). – С. 45-49.9.

[13] Баймахан А.Р., Жуманова З.Е. Байбатырова А.Н., Баймахан Р.Б. Расчет деформационной устойчивости системы «наклонно слоистое грунтовое основание – фундамент – здание». Россия. Журнал ВАК «Глобальный научный потенциал». №10. с. 33-38

[14] Сейнасинова А.А. Напряженное состояние слабосвязанного массива в окрестности подземной выработки с учетом естественных и искусственных неоднородностей. Специальность: 01.02.07 – «Механика сыпучих тел, грунтов и горных пород». Автореф.,... дисс. канд. физ.-мат. наук – Алматы, 2010, –18с.

Баймахан А. Р., Оразхан Б., Куттыбекова С., Баймахан Р. Б.

**Құрылыс тірегі мен фундамент негізінің ауытқу мөлшеріне айналасындағы суда қаныққан топырақтың әсері**

**Резюме** Ж.С. Ержанов, Ш.М. Айталиев, Ж.К. Масановтың белгілі көлбеу таулы кешені модельденген ғимаратымен бірге, әлсіз бірақ күрделі фундаментті топырақ негізі астына салынған ШЭӨ көмегімен ҚҚС зерттеулерінің нәтижелері келтірілген. Мұндай қорытынды Қазақстанның Қарағанды қаласындағы Бесоба шағын ауданында болған жаппай үйлердің құлауын талдау негізінде жасалған. Әр түрлі дәрежедегі зерттеулер және мүмкін нұсқалары келтірілген. Суда қаныққан топырақтың жер бетіндегі іргетас астындағы топырақты негізге пайыздық мөлшердегі қатынастың ықтимал нұсқалары және зерттеу нәтижелері келтірілген, ғимараттардың деформациялануы және құлаған кезде қайта қалпына келтірілген іргетастың негізі, бейнеленген.

**Түйінді сөздер:** анизотропия, судың қанығуы, топырақ, деформация, негіз, іргетас, қабатталған құрылым, сұйылту, сызаттар.

Baymakhan A.R., Orazkhan B., Kuttybekova S., Baymakhan R.B.

**About the effect of water consistency of the ground around the foundation based on the valve of the deformation and the krena of the building**

**Summary.** The results of the VAT investigation using the MKE of a weak but complex structure for a foundation ground base are presented with a building modeled by the famous model of the inclined-layered mountain massif Zh.S. Erzhanova, Sh.M. Aitalyeva, Zh.K. Masanov. This statement of the problem is justified by an analysis of the mass collapse of the houses of the whole microdistrict "Besoba of the city of Karaganda in Kazakhstan." The results of a study of various degrees and possible variants of water saturation in the percentages of the subfundamental ground base are presented, the forms of deformation and bank heights of the buildings are reconstructed and depicted together with the foundation, which culminated in collapse.

**Key words:** anisotropy, water saturation, soil, deformation, base, foundation, stratified structure, liquefaction, crack.

УДК 677.043

**К.Т. Маханбеталиева, Ғ.Ә. Қасымова**

**С. Насыр, Ж. Майрова, Ұ. Усманова**

(Таразский государственный университет имени М.Х. Дулати

Тараз, Республика Казахстан, [kama\\_mt\\_77@mail.ru](mailto:kama_mt_77@mail.ru))

## **ТЕКСТИЛЬ БҰЙЫМДАРЫНЫҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАЙТЫН НОМЕНКЛАТУРАНЫ ТАҢДАУ**

**Аннотация.** Жұмыста текстиль бұйымдарының сапа көрсеткіштерін анықтаудың номенклатурасын таңдаудың әдістері туралы мәліметтер келтірілген. Зерттеулер нәтижесінде бағалаудың эвристикалық әдісі таңдалынып, сол бойынша зерттеулер жүргізілген.

**Кілттік сөздер:** текстиль бұйымдары, сапа, эксперимент, эксперт, эксперттік бағалау, маңыздылық коэффициенті.

Бұл текстиль материалдарының сапасын бағалайтын бірінші және ең жауапты кезең. Сапаны бағалау стандарт бойынша жүргізілсе, ал сапа көрсеткіштерін анықтау ретінде нормативті-технологиялық көрсеткіштерде талаптары көрсетілген көрсеткіштер таңдалынады. Егер қандай да бір

себеппен сапа көрсеткіштерін бағалау номенклатурасы белгісіз болса немесе оны анықтау керек болса, онда оны таңдауды арнайы мамандандырылған әдістермен жасауға болады:

1. Эвристикалық (экспертті) - көрсеткіштер салмағы экспертті сұрақ-жауап негізінде анықталынады.

2. Құндық - і көрсеткішінің салмағын осы сапа көрсеткіштерімен қамтамасыз етуге қажетті пропорционалды шығындармен қабылдайды. Сапа көрсеткіштерінің құны жоғары болған сайын, оның маңыздылығы да жоғары болады.

3. Ықтималдылықты - эталонға бағаланатын сапа көрсеткішіне жақындау дәрежесінің орташа мәнінен пропорционал деп қабылданады, эталондық мәнге көрсеткіштің сәйкестік дәрежесі жақын болған сайын, бұл көрсеткіш маңызды болып табылады.

4. Экспериментальды - жеке көрсеткіштердің маңыздылығын арнайы жүргізілген эксперименттердің нәтижелері бойынша анықтайды. Зерттелінетін сипаттамаға ең көп әсер ететін көрсеткіш ең маңыздысы болып саналады немесе зерттелінетін өнім сапасының математикалық модельін алады және зерделенетін функцияның өзгерушілігіне әр фактордың үлесін анықтайды.

5. Аралас - әртүрлі әдістерді аралас қолдану.

Тәжірибеде көбінесе сапаның көрсеткіштерін бағалауды анықтаудың экспертті әдісі қолданылады, өйткені ол қарапайым және үнемді болып табылады [1].

Экспертті бағалауды жүргізудің кезеңдерін қарастырамыз:

1. Эксперт топтарын қалыптастырудың мәні, бағаланатын өнімді қолдануда және жасауда жоғары біліктілігі бар мамандарды таңдауда жатыр. Объективтіліксіздіктің алдын-алу үшін мамандар тобының құрамына қарастырылатын өнімге тікелей қатысы жоқ мамандарды қоспаған жөн. Эксперттердің саны бағалаудың қажетті дәлдігіне, еңбек көлеміне, эксперт топтарын ұйымдастыру және басқару тиімділігіне байланысты болып келеді. Сырттай сұрақ-жауаптың нәтижесінде эксперттердің минималды саны – 7, максимальды – шектеусіз, ең тиімді саны 6-15 эксперт.

2. Сұрақ-жауапты дайындау дегеніміз – қорытындыны дайындаудың мүмкін варианттары, сұрақтың мәні көрсетілетін арнайы анкеталарды құрастыру. Кейде анкетаны толтыру үлгісін берген жөн. Ол жұмысшы топпен орындалады. Жұмысшы топ бағаланатын өнімнің ерекшеліктерін ескереді, жұмыстың орындалу мерзімін, оның еңбек сыйымдылығын, алынған нәтижелердің мүмкін қолданылатын облыстарын анықтайды. Эксперттермен орындалатын операциялардың саны анықтауды жұмысшы топ жүзеге асырады.

3. Эксперттен сұрақ-жауап алу анкеталарды жіберу және жауаптарын алу жолымен немесе эксперттердің барлық топтарының жұмысы кезінде жүзеге асырылады.

4. Эксперттік бағалауларды өңдеу дегеніміз – эксперттердің келісілген пікірлерін анықтауда және «шапшаң эксперттер» бойынша рангілі өзара байланысқан коэффициенттерді есептеу.

5. Алынған нәтижелердің талдауына сапа көрсеткіштерін бағалауды таңдау, сапа көрсеткіштерінің маңыздылық коэффициентін есептеу кіреді. Жеке сапа көрсеткіштері бойынша эксперттердің келісілген пікірлерін анықтау.

Текстиль бұйымдары деп отырғанымыз, біздің жағдайда сырт трикотаж бұйымдары, дана бұйымдар және жылулық қасиеті бар кез-келген текстиль бұйымдары.

Таңдау сапа көрсеткіштерінің шектеулі санынан жүргізілді. Эксперт ретінде «Тоқыма өнеркәсібінің технологиясы және материалтану» кафедрасының студенттері және оқытушылары болды. Эксперттерге сапаны бағалаудағы матаға арналған жеке көрсеткіштердің маңыздылығы көрсетілген, толтырылған кесте ұсынылды. Ең маңызды көрсеткішті  $R = 1$  рангісімен, ал маңыздылығы төменірек рангі  $R = n$  белгіленеді, мұндағы  $n$  - көрсеткіштер саны. Егер эксперт сапаның бірнеше көрсеткіштері маңыздылығы жағынан бірдей деп шешсе, онда оларға бірдей рангілер беріледі. Осыдан кейін нәтижелерге өңдеу жүргіземіз.

Нәтижелерді былай өңдейміз бірдей рангілердің қосындысын олардың реттілікпен орналасқан кездегі орындарының қосындысына тең болатындай етеміз.

Горизонталь бойынша әр эксперттің ранг қосындысы тұрақты және тең болуы қажет:

$$\begin{aligned} \sum R_{ij} &= 0,5 \cdot n \cdot (n + 1) & (1) \\ \sum R_{ij} &= 0,5 \cdot 13 \cdot (13 + 1) = 91 \end{aligned}$$

Жеке эксперттерде сапа көрсеткіштерін бағалау бірдей болса, онда мына формуламен шығарылған  $T_j$  мәндерімен кестені толтырамыз:

$$T_j = \frac{1}{12} \sum_{j=1}^n (t_j^3 - t_j) \quad (2)$$

$u$  —  $j$ -экспертіндегі бірдей бағалаулары бар ранг саны;

$t_j$  —  $j$ -экспертіндегі бірдей рангілері бар бағалаулар саны.

$$T_1 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5; \quad T_2 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5;$$

$$T_3 = \frac{1}{12}(3^3 - 3) = 2; \quad T_4 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5;$$

$$T_5 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5; \quad T_6 = \frac{1}{12}(3^3 - 3) = 2;$$

$$T_7 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5; \quad T_8 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5;$$

$$T_9 = \frac{1}{12}(2^3 - 2) = 0,5; \quad T_{10} = 0.$$

Әр сапа көрсеткіштері бойынша ранг бағалауларының қосындысын табамыз:

$$S_i = \sum_{j=1}^m R_{ij} \quad (3)$$

Барлық сапа көрсеткіштеріне арналған рангілердің орташа қосындысын келесі формуламен анықтаймыз:

$$S = \frac{1}{n} \sum S_i = 0,5 \cdot m \cdot (n + 1) \quad (4)$$

$$S = 0,5 \cdot 10 \cdot (13 + 1) = 70.$$

Осыдан кейін  $(S_i - S)$  және  $(S_i - S)^2$  мәндерін табамыз.

Эксперттердің келісілген пікірлерін бағалау үшін, конкордация коэффициентінің шамасын анықтаймыз:

$$W = \frac{\sum (S_i - S)^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \cdot \sum T_j} \quad (5)$$

$$W = \frac{15398,50}{\frac{1}{12} \cdot 100 \cdot (2197 - 13) - 10 \cdot 7,5} = 0,85$$

Эксперттердің келісілген пікірлерін қолайлы деп  $W \geq 0,60$  болғанда санайды. Қарастырылып отырған мысалда  $W = 0,85$ , яғни келісушілік қолайлы деп саналады.

Егер  $W \geq 0,60$  болса, онда эксперттік сұрақ-жауапты қайталап өткізу есебінен немесе «шапшаң эксперттерді» табу және алып тастау жолымен эксперттердің келісілген пікірлері жоғарылайды. «Шапшаң» эксперттер дегеніміз сапа көрсеткіштерін бағалаудың нәтижелері басқа эксперттердің нәтижелерінен айырмашылығы үлкен болады. Бұл эксперттік сұрақ-жауап кестесінің нәтижелерін қарастыру жолымен немесе арнайы әдістемені қолдана отырып, мысалы басқа да эксперттердің орташа бағаларымен жеке эксперт бағалауының рангілі корреляция коэффициентін есептеу есебінен  $\rho = 1 - 6 \sum_{i=1}^n \frac{d^2}{(n^3 - n)}$  (мұндағы  $d = R_j - R$ , яғни бағалайтын эксперт рангісімен және орташа рангілер арасындағы айырмашылық) жасалынуы мүмкін. Егер  $\rho < 0,5$  болса онда ол экспертті «шапшаң» дейді және оның бағалауын алып тастайды, осыдан кейін қайтадан конкордация коэффициентін есептейді.

Конкордация  $W$  коэффициенті шамасының дұрыстығы  $\chi^2$  критерий бойынша бағаланады:

$$\chi^2 = W \cdot m \cdot (n - 1)$$

$$\chi^2 = 0,85 \cdot 10 \cdot (13 - 1) = 101,95 \quad (6)$$

Егер  $\chi^2 \geq \chi^2_{\text{әәәәә}}$  болса, онда  $W, P \geq 0,95$  ықтималдығымен дұрыс болып саналады.

$P \geq 0,95$  арналған мәндер 1-кестеде көрсетілген.

## • Физико-математические науки

1-кесте.  $P = 0,95$  арналған  $\chi^2$  мәндері

$n - 1$	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$\chi^2$	7,81	9,49	11,07	12,59	14,07	15,51	16,92	18,31	19,68	21,03

Егер дұрыстылық  $P < 0,95$  болса, онда эксперттердің санын немесе конкордация коэффициентінің санын көбейту керек.

Біздің мысал үшін  $\chi^2 = 101,95 \geq \chi^2_{кесте} = 21,03$  конкордация коэффициенті дұрыс деп саналады.

$W \geq 0,60$  және  $P \geq 0,95$  болған кезде сапа көрсеткіштерінің маңыздылық коэффициенті мына формуламен анықталынады:

$$Z_i = \frac{m \cdot n - S_i}{0,5 \cdot m \cdot n \cdot (n - 1)} \quad (7)$$

$$Z_1 = \frac{130 - 88}{780} = 0,05; \quad Z_2 = \frac{130 - 75,5}{780} = 0,07;$$

$$Z_3 = \frac{130 - 105}{780} = 0,03; \quad Z_4 = \frac{130 - 115}{780} = 0,02;$$

$$Z_1 = \frac{130 - 88}{780} = 0,05; \quad Z_2 = \frac{130 - 75,5}{780} = 0,07;$$

$$Z_5 = \frac{130 - 106,5}{780} = 0,03; \quad Z_6 = \frac{130 - 48}{780} = 0,11;$$

$$Z_7 = \frac{130 - 118}{780} = 0,02; \quad Z_8 = \frac{130 - 71,5}{780} = 0,08;$$

$$Z_9 = \frac{130 - 24}{780} = 0,14; \quad Z_{10} = \frac{130 - 29}{780} = 0,13;$$

$$Z_{11} = \frac{130 - 16,5}{780} = 0,15; \quad Z_{12} = \frac{130 - 38,5}{780} = 0,12;$$

$$Z_{13} = \frac{130 - 74,5}{780} = 0,02.$$

$Z_i > \frac{1}{n}$  арналған көрсеткіштердің мәні маңызды болып саналады. Біздің мысал үшін  $Z_i = 0,077$ .

Бұл жағдайда маңызды болып келесі көрсеткіштер саналады: жылулы кедергі, бу өткізгіштік, электрленгіштік, беттік көрінісі және үйкеліске бояудың тұрақтылығы.

Эксперттік бағалаулар нәтижелері Исикава сызбасының әдісін талдау нәтижелерімен сәйкес келеді. Мұны былай түсіндіруге болады, жамылғыш жаппай қолданылады және тұтынушылардың қоятын талаптары ұқсас.

Сапа көрсеткіштері мәліметтерінің маңыздылық коэффициенті мына формула бойынша шығарылады [2]:

$$Z'_i = \frac{Z_i}{\sum Z_i} \quad (8)$$

$$\sum Z_i = 0,146 + 0,136 + 0,129 + 0,117 + 0,105 = 0,633$$

$$Z'_{11} = \frac{0,146}{0,633} = 0,230; \quad Z'_9 = \frac{0,136}{0,633} = 0,215;$$

$$Z'_{10} = \frac{0,129}{0,633} = 0,204; \quad Z'_{12} = \frac{0,117}{0,633} = 0,185;$$

$$Z'_6 = \frac{0,105}{0,633} = 0,166.$$

Жеке көрсеткіштер бойынша эксперттердің келісілген пікірлерін сапаның бағаланатын көрсеткіштері бойынша рангілердің орташа ауытқу шамасы бойынша анықталынады:

$$\sigma_i = \sqrt{\frac{\sum (R_{ij} - \bar{R}_i)^2}{m-1}}, \quad (9)$$

мұндағы:  $R_{ij}$  —  $i$  көрсеткіштері бойынша  $j$  экспертiнiң рангілі бағалауы  
 $\bar{R}_i$  -  $i$  көрсеткішіне арналған орташа рангілі бағасы

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{47,10}{9}} = 2,29; \quad \sigma_2 = \sqrt{\frac{17,23}{9}} = 1,38;$$

$$\sigma_1 = \sqrt{\frac{47,10}{9}} = 2,29; \quad \sigma_2 = \sqrt{\frac{17,23}{9}} = 1,38;$$

$$\sigma_3 = \sqrt{\frac{38,50}{9}} = 2,07; \quad \sigma_4 = \sqrt{\frac{36,50}{9}} = 2,01;$$

$$\sigma_5 = \sqrt{\frac{10,03}{9}} = 1,06; \quad \sigma_6 = \sqrt{\frac{11,10}{9}} = 1,11;$$

$$\sigma_7 = \sqrt{\frac{17,60}{9}} = 1,40; \quad \sigma_8 = \sqrt{\frac{18,03}{9}} = 1,42;$$

$$\sigma_9 = \sqrt{\frac{12,40}{9}} = 1,17; \quad \sigma_{10} = \sqrt{\frac{12,40}{9}} = 1,17;$$

$$\sigma_{11} = \sqrt{\frac{5,03}{9}} = 0,75; \quad \sigma_{12} = \sqrt{\frac{40,03}{9}} = 2,11;$$

$$\sigma_{13} = \sqrt{\frac{6,73}{9}} = 0,86.$$

Ең үлкен келісушілік  $\sigma_i$  төмен болған жерде болады. Алынған нәтижелер бойынша эксперттердің ең көп келісушіліктері жылулық көрсеткіштері және көркем-колористикалық безендіруде, ал төмені – талшықты құрам бойынша көрсеткіші болды. Бұдан шығатыны біздің жағдайдағы текстиль бұйымдарының ең негізгі функциясы - жылуды сақтау, сонымен қатар тұтынушылардың көбі олардың сыртқы түрін бағалап алатындығымен түсіндіріледі.

#### ӘДЕБИЕТ

[1] Кобляков А.И., Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Лабораторный практикум по текстильному материаловедению. — М.: Легпромбытгиздат, 1986. 344 с.

[2] Ребрин Ю.И. Управление качеством: Учебное пособие. Таганрог: Изд-во ТРТУ, 2004. 174 с.

Маханбеталиева К.Т., Касымова Г.А., Насыр С., Майрова Ж., Усманова У.

#### **Выбор номенклатуры определяющих показателей качества текстильных изделий**

**Резюме.** В данной работе приведены методы, определяющие показатели качества текстильных материалов и изделий. Для количественной оценки значимости показателей качества текстильных изделий проведена эвристическая оценка.

**Ключевые слова:** текстильные изделия, качество, эксперимент, эксперт, экспертная оценка, коэффициент весомости.

Makhanbetalieva K.T., Kasymova G.A., Nasyr S., Mayrova J., Usmanova U.

**Choice of nomenclature of qualificatory indexes of quality of soft goods**

**Summary.** In this paper methods are given that determine the quality indicators of textile materials and products. A quantitative assessment of the importance of textile quality indicators has led to a heuristic assessment.

**Keywords:** textile products, quality, experiment, expert, expert evaluation, coefficient of weight.

УДК 621.336

**М.Қ. Атабаева**

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы, Республика Қазақстан)

**ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРДЫ ТАЗARTY ПРОЦЕСІНІҢ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ**

**Аңдатпа:** Экономикасы негізінен мұнай өңдеу және мұнай химиясына негізделген, өнеркәсіптік өңірлер үшін уытты органикалық заттардың техногендік шығарындыларынан қоршаған ортаны қорғау мәселесі айрықша маңызды. Бүгінгі таңда автокөлік көптеген қалаларда бірінші орындағы ластаушы көздердің бірі болып отыр. Атмосфераның автокөліктердің пайдаланылған газдарынан ластану проблемасы өте өткір. Мысалы, Алматы қаласындағы 1991 жылы тіркелген автокөліктер саны 97 000 болса, бүгінгі таңдағы олардың саны 730 000 астам. Сондай-ақ қалаға орта есеппен күнделікті 300 мыңның шамасында автокөліктер келіп-кетіп жатады. Экономикалық және экологиялық тұрғыдан, пайдаланылған газдарды тазартқыш құрылғылардың тиімділігіне және де өнімділігіне қойылған талаптардың өсуі, технологиялық үрдістердің күрделенгені және қымбаттағаны параметрлердің әмбебап әрі нақты болатындай есептеу тәсілдерін талап етеді.

**Түйінді сөздер:** тазалау, қоршаған орта, күл, газдар, алгоритм, катализатор, модельдеу.

Табиғатта адамдардың іс-әрекетімен және табиғи процестермен шартталған, атмосфераның табиғи ластануымен қатар антропогендік ластанулар да болады. Табиғи ластану күшті табиғи процестер салдарынан болса, антропогендік ластану адамның шаруашылық іс-әрекетінің салдарынан қалыптасады. Атмосферадағы қоспаның жалпы массасының табиғи көздерінің үлесіне шамамен 50% күкіртті қосылыстар болып келеді. 93% - көміртегі тотығы, 98% - азот және 87% -реактивті көмірсутектер.

Табиғи ластану көздері, әдетте, халық тығыз қоныстанған жерлерден алыста және іс жүзінде бақыланбайтын кеңістікте таралады. Бұл жағдайда, қоршаған ортаға табиғи көздерден келетін ауаны ластаушы заттардың зиянды әсері, олардың араласуы, шашырауы және атмосфераның өздігінен тазалануының табиғи процессімен жойылмайды.

Қалдық газдардың күшті жергілікті шығарындыларымен сипатталатын, өнеркәсіп көздерінен келетін қоспалардың зияны атмосфераға орасан зор қауіп алып келеді. Ауа ортасы экожүйелер арасында ең көлемді және динамикалық болғандықтан, атмосферада зиянды қоспаларға қарсы күрес – іс-жүзінде шешілмейтін мәселе болып тұр. Сондықтан ауа бассейнін технологиялық процесстерді жетілдіру арқылы, арнайы жасалынған техникалық әдістер арқылы қорғау, қоршаған ортаны қорғаудың маңызды мәселелерінің бірі болып табылады.

Өнеркәсіптік аудандарда және тіпті бір ірі кәсіпорында қуаттылық пен құрамы жағынан әдетте шығарындылардың алуан түрлілігі көрінеді. Денсаулық сақтау саласындағы зерттеулер зиянды заттардың бірнеше интегралды өзара әрекеттесуі халықтың денсаулығына теріс әсер ету мүмкіндігі туралы ескертеді, дегенмен олардың әрқайсысының құрамы атмосферада барынша шекті концентрациядан төмен деңгейде сақталады.

Ауаны ластайтын компоненттердің химиялық құрамы отын-энергетика ресурстарының және өндірісте қолданылатын шикізаттың түріне, оларды өңдейтін технологияға байланысты болады. Атмосфераға бөлінетін 52 Гт әлемдік антропогендік шығарындының 90%-ын көмір қышқыл газы мен су буы құрайды (бұлар әдетте ластағыштар қатарына кіргізілмейді). Техногенді шығарындылардың құрамында бірнеше мыңдаған қосылыстар кездеседі. Бірақ олардың ішінде ең көп мөлшерде, яғни, тонналап атмосфераға шығарылатындыларға қатты бөлшектер (шаң, түтін, күйе), көміртегі оксиді, күкірт диоксиді, азот оксидтері, фосфор қосылыстары, күкіртті сутек, аммиак, хлор, фторлы сутек жатады (1 кесте).

**1-кесте. Ауаны ластаушы шығарылған газдарың негізгі қоспалары**

Өнеркәсіптік шығарындылар көзі	Газ шығарындыларының әдеттегі улы компоненттері
Мұнай өңдеу өнеркәсібі	күкіртті ангидрид, көміртек тотығы, азот тотықтары, күкіртті сутек, аммиак, көмірсутек, оттегі және құрамында азоты бар органикалық қосылыстары
Мұнай-химия өнеркәсібі	көміртек тотығы, көмірсутек, құрамында оттегі бар органикалық қосылыстары (спирттер, эфирлер, қышқылдар және т.б.)
Химия өнеркәсібі	көміртек тотығы, күкіртті көміртек, хлор, сынап, көмірсутек, түрлі органикалық қосылыстар
Отын жағу жүйелері (ЖЭЦ, өнеркәсіптік қазандар, пештер және т.б.)	күкіртті ангидрид, көміртек тотығы, азот тотықтары, құрамында оттегі бар қосылыстары

Газ тазарту процесінің аспаптық-технологиялық жобалау әдістерін білікті әрі үнемді түрде таңдау үшін, өндірістік шығарындылардың көлемін және құрамын анықтайтын, химиялық-технологиялық жүйелердің ішкі жүйелерін және жекелеген элементтерін зерттеу және талдау, сондай-ақ зиянды заттар шығарындыларының көлемін азайтуға мүмкіндік беретін негізгі жабдықтардың технологиялық әдістерін және жұмысын жақсарту қажет.

Өнеркәсіптік газдар шығарындыларын (конденсация, тоңазыту, абсорбциялау, адсорбция және т.б.) алдын ала тазалаудың әр түрлі әдістері, көбік өнімді алудың нақты әдісін қолданудың кірістілігін мұқият техникалық және экономикалық бағалауды талап етеді. Осылайша, органикалық заттардың қоспаларынан газ ағындарын тазартудың адсорбциялық әдісі адсорбенттің қалпына келтірілуінен кейін технологиялық процесті қайтару арқылы еріткіш бұдан шығатын газдарды тазартуда өте тиімді. Алайда, бұл әдісті газдағы қоспаның құрамы кем дегенде 2-6 г / м<sup>3</sup> болған кезде қолданған ұтымды болып табылады (2 кесте), себебі сұйылатын компоненттердің концентрациясы төмен болғандықтан адсорбенттің динамикалық белсенділігі күрт төмендейді және технологиялық аппараттардың өлшемдері артады және соның салдарынан газды тазарту процесінің капиталы мен операциялық шығындары артады.

Атмосфераға шығарылғанға дейін соңғы кезеңде пайдаланылған газдарды тазарту әдістерінің арасында ең көп қолданылатын тотығу әдістері. Оларды көміртегі диоксиді мен суды көмірсутектер мен оттегі бар органикалық қоспаларды органикалық қоспалардың терең тотығуымен тікелей тотығу және тотығу катализаторларын қолдану арқылы жүзеге асырады. Термиялық әдіс аспаптық-технологиялық жобалауда қарапайым және тазартылатын газдағы ластаушы заттардың құрамы мен шоғырлануына нақты шектеулері жоқ. Дегенмен, бұл процесті 600-900 ° С температурада жүргізу оны энергияны көп жұмсайтын етеді (3-кесте): 600-900 ° С температурада жұмыс температурасында 1000 м<sup>3</sup> шығарындылар үшін отын шығыны 25-40 кг құрайды.

**2-кесте. Белсенді көмірдің тіркелген қабаты бар адсорбциялық қондырғылардың тазартылатын газдағы органикалық қоспалардың С концентрациясы бойынша кірістілігінің төменгі шегі**

Адсорбцияланатын қоспа	С, г/м <sup>1</sup>	Адсорбцияланатын қоспа	С, г/м <sup>1</sup>
Трихлорэтилен	1,8	Метилацетат	2,1
Этанол	1,8	Этилацетат	2,1
Бензин	2,0	Бутилацетат	2,5
Бензол	2,0	Ацетон	3,0
Метилен хлориді	2,0	Көміртегі тетрагидрид	4,5
Толуол	2,0	Күкіртті көміртек	6,0
Ксилол	2,1		



## • Физико-математические науки

Термокаталитикалық процестегі тотығу температурасының төмендігі (200-500 ° С, тотығу қоспасының сипаты мен катализатордың түріне байланысты) отын шығынын термиялық әдіспен салыстырғанда 2-3 есеге төмендетеді. Термокаталитикалық тотығуға жеке компоненттермен қатар көмірсутектер немесе оттегі бар органикалық заттардың қоспасы да ұшырай алады. Қалдық газдарды тазарту процестеріндегі катализаторлардың орташа қызмет мерзімі газдардағы катализаторлық уландырғыш болмаған жағдайда 3-5 жыл. Термокаталитикалық қондырғыштар органикалық заттардың қоспасынан мұнай өңдеу және мұнай химиясының қалдық газдарын жоғары дәрежеде тазартады - 99-100%. Алайда бұл әдіс бірқатар кемшіліктерге ие:

- катализаторлардың үйілген қабаты үшін газдағы тотыққан органикалық қоспалардың сыни концентрациясы бар, оның үстіне процестің экзотермиялықтығы нәтижесінде катализатордың қабаты, әсіресе оның фронтал бөлігі, интенсивті қызады, бұл катализаторлық белсенділіктің төмендеуіне және қызмет ету мерзімінің төмендеуіне әкеледі;

- реактордың жұмысының сенімділігі тотықтырғыш қоспаның шоғырлануындағы және тазартылған газдың ағымының салыстырмалы түрде шағын ауытқулармен күрт төмендейді;

- төмен қысымды газдарды тазалау көбінесе катализатордың төсегіндегі қысымның жоғалуымен шектеледі;

- катализатор шанның, ылғалдың, катализатордың уландырғыштарының (фосфор, қорғасын, мышьяк, органохлор және басқа да қосылыстар) мөлшері белгілі бір межеден жоғары болатын газдармен байланыста бола алмайды;

- қолданыстағы қондырғыда жаңа газ тазарту қондырғыларын пайдалану, еркін аймақтардың болмауына байланысты көбінесе өндіріс жүйесінің өлшемдеріне сай келмейді;

- термокаталитикалық газды тазарту үдерісінің катализаторлары мен технологиялық параметрлерін таңдау техникалық ақпараттың зерттеушілері ноу-хау ретінде жиі қарастыратын қажетті ақпараттың толық еместігінен қиындай түседі.

Газдарды тазарту процесінің құрал-жабдығы мен технологиялық жобалау мәселесін шешудегі көп өзгерістері бар, әрбір нақты жергілікті газды атмосфераға шығару үшін мұқият инженерлік талдау және техникалық-экономикалық бағалау қажет.

3-кесте. Газ тазарту шығындарын (10 000 м<sup>3</sup> / сағ) жылу және термокаталитикалық әдістермен салыстыру.

Шығын түрлері	Жылу үрдісі, 750 <sup>0</sup> С		Термокаталитикалық үрдіс, 250 <sup>0</sup> С	
	жылу алмастырғышсыз	жылу алмастырғышпен	жылу алмастырғышсыз	жылу алмастырғышпен
Капиталды	100 000	143 000	138 000	202 000
Эксплуатациялық (на 1 м <sup>3</sup> /ч)	45,18	29,38	16,82	12,83
	<u>Амортизациялық:</u>			
катализатор	-	-	3,45	3,45
жылу алмастырғыш	-	1,64	-	1,83
басқа жабдықтар	2,00	1,73	1,93	1,93
	<u>Ағымдағы:</u>			
отын	41,70	22,8	9,65	1,93
энергия	0,69	2,07	0,69	2,07
қызмет көрсету	0,79	1,14	1,10	1,62

### Қорытынды

Пайдаланылған газдар (шығатын газдар) көмірсутекті отындардың тотыққан және толық жанбайтын өнімдері болып табылады. Пайдаланылған газдардың шығарындылары – улы заттардың, ірі қалалардың атмосферасындағы канцерогендердің рұқсат етілген концентрациясынан асып кету себебі болып табылады. Экономикалық және экологиялық тұрғыдан, пайдаланылған газдарды тазартқыш құрылғылардың тиімділігіне және де өнімділігіне қойылған талаптардың өсуі, технологиялық үрдістердің күрделенгені және қымбаттағаны параметрлердің әмбебап әрі нақты болатындай есептеу тәсілдерін талап етеді. Сондықтан пайдаланылған газдарды тазарту процесінің

математикалық моделін және есептеу алгоритмін құру және тиімділігін арттыру бүгінгі таңда өзекті мәселе.

ӘДЕБИЕТ

- [1] Ершин Ш.А., Жапбасбаев У.К., Балакаева Г.Т. Теория и расчет аппаратов каталитической очистки (монография), Қазақ университеті, Алматы, 1999.  
[2] Советов Б.Я., Яковлев С.А. Моделирование систем. М. Высшая школа, 2007.  
[3] Самарский А.А. Численные методы. М., Мир, 1991.

Атабаева М.К.

**Разработка алгоритма для процесса очистки выхлопных газов**

**Резюме** Для промышленных регионов экономика которых основана на нефтепереработке и нефтехимии, защита окружающей среды от техногенных выбросов токсичных органических веществ является очень важной проблемой. Сегодня автомобиль является одним из первых загрязняющих источников во многих городах. Проблема загрязнения воздуха от выхлопных газов очень острая. Например, в Алматы количество зарегистрированных автомобилей в 1991 году составило 97 000, и сегодня их число превышает 730 000. Кроме того, в среднем ежедневно в город едет около 300 000 автомобилей. С экономической и экологической точки зрения спрос на эффективность и производительность устройств для очистки выхлопных газов, сложность технологических процессов и рост стоимости требуют более универсальных и точных способов расчета параметров.

**Ключевые слова:** очистка, окружающая среда, сажа, газы, алгоритм, катализатор, моделирование.

Atabayeva M.K.

**Development of algorithm for the process of cleaning of exhaust-gas**

**Summary:** For industrial regions whose economy is based on oil refining and petrochemicals, protecting the environment from technogenic emissions of toxic organic substances is a very important problem. Today, the car is one of the first polluting sources in many cities. The problem of air pollution from exhaust gases is very acute. For example, in Almaty, the number of registered cars in 1991 was 97,000, and today their number exceeds 730,000. In addition, an average of 300,000 cars go to the city every day. From the economic and environmental point of view, the demand for efficiency and productivity of exhaust gas purification devices, the complexity of technological processes and the growth in cost require more universal and accurate methods of calculating parameters.

**Keywords:** cleaning, environment, ash, gases, algorithm, catalyst, modeling.

УДК 004.052

**Н.Б. Спашев., Г.Т. Балакаева**

(Әл - Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы, [s.nurken92@gmail.com](mailto:s.nurken92@gmail.com))

**МООК ҮШІН «PYTHON PROGRAMMING» ЭЛЕКТРОНДЫҚ ОҚУЛЫҚТЫ ӘЗІРЛЕУ**

**Аннотация.** Диссертациялық жұмыстың мақсаты қашықтықтан оқыту үшін "Python programming" электрондық оқулығын әзірлеу және оны МООК жүйесіне енгізу. Қашықтықтан оқытудың артықшылығы, қажетті технологиялары, талаптары және т.б. мәліметтері қамтылды. МООК жүйесі туралы қажетті ақпараттарды іріктеліп алынып, ыңғайлы түрде берілді. Python бағдарламалау тіліне арналып электронды оқулықтың құрастырлуы және жаңа оқу әдісінің қолданыс аясы туралы да айтылды. МООК жүйесі қашықтықтан оқытуда қарқанды дамып келеді, осы үрдіске бізде өз үлесімізді қостық.

**Кілттік сөздер:** МООК, қашықтықтан оқыту, E-learning, Python, Windows, UNIX, GNU/Linux, FreeBSD .

«Жастардың басымдықтарында білім бірінші орында болуы керек. Егер құндылықтар жүйесінде білім басты құндылыққа айналса, онда ұлт табысқа жетеді.» («Болашаққа көзқарас: қоғамдық сананы модернизациялау» Н.А. Назарбаев). Бүгінгі таңда әлем дамуының жаңа ұстанымдары білім беру жүйесін күн сайын экономикалық, әлеуметтік және мәдени өзгерістерді мейлінше бейімделдіру. Қазіргі уақытта ақпараттық-коммуникациялық технологиялардың заманауи талаптарына сай даму білімді бағалау және пайдалану жүйесін уақытылы өзгертіп отыруды талап етеді. Осыған байланысты оқытуда қолданылатын әдіс-тәсілдер, әдістемелер, технологиялар білім беру талаптарына байланысты жаңартылып отырады. Сапалы терең білімді меңгеруге талпынған өскелең ұрпақтың жеткілікті дәрежеде сандық сауаттылығы бар, себебі олар өмір жағдайлары

барысында жаңа технологияның барлық мүмкіндіктерін пайдаланады. Сол мүмкіндіктерді нәтижелі қолдануы мұғалімнің біліктілігіне, біліміне, тәжірибесіне байланысты. Ал жоғары оқу орындары мамандарға қойылатын талаптардың өсуіне байланысты оқытудың жаңа формалары мен әдістерін іздестіреді, білім беруге жаңа технологиялар енгізеді. Оқу үдерісін ұйымдастырудың жаңа формалары: MOOK(массовый открытый онлайн курс), E-learning, электрондық оқулықтар және қашықтықтан оқыту технологиялары.

Сонымен қашықтықтан оқыту дегеніміз не? Қашықтықтан оқыту - ол оқу процесі кезінде осы замандық компьютерлерге және телекоммуникациялық технологияларға негізделіп дәстүрлі және инновациялық оқыту әдістерді қолданып, сырттай және күндізгі білім түрлер қатарлы білікті білім алудың ең негізгі түрі.

Қашықтан оқытудың білім саласындағы мақсаты: білім берудің біртұтас ақпараттың жүйесін құру арқылы оқушылар мен студенттердің білім деңгейін көтеру.

Қашықтықтан оқытудың артықшылықтары:

1. Оқытушының да, студенттің де оқытудың уақыты мен орнын тиімді таңдай білуі;
2. Білімнің тиянақтылығы;
3. Оқытушы мен студенттер арасындағы қарым-қатынастың қажеттілігінше болуы;
4. Білім берудің дифференциациясы мен индивидуализациясы;
5. Уақыт пен қаржының үнемділігі;
6. Ата-ана бақылауы (ата-аналардың білім беру үрдісін және оқытушылармен қарым-қатынасын бақылау мүмкіндігі).

Жоғары оқу орындарында қашықтықтан оқытудың 2 технологиясы пайдаланады:

1. Желілік технология – интернет арқылы оқу. Университеттің білім беру порталында студенттер электрондық курстарға тіркеледі, ондағы бар материалды дәрістер және басқа оқу қорлары бойынша оқиды. Сосын автоматты түрде тестіленеді немесе тапсырмалар орындайды. Оқытушы, тапсырманы тексеріп, пікір жазып, баға қояды.

2. Кейстік технология, студентке оқу-әдістемелік кейс, яғни семестрге барлық материалдар мен тапсырмалар беріледі, ол тапсырмаларды орындап, график бойынша оқытушыға жіберіп отырады.

Қазіргі кезде электронды оқулықтарға келесідей талаптар қойылады:

1. тандалған курс бойынша ақпарат жақсы құрылып және саны шектелген жаңа ұғымдары бар аяқталған курс үзінділері түрінде болғаны дұрыс;
2. текстпен қатар әрбір үзінді аудио немесе видео түрдегі ақпараттан тұру керек ("жанды лекциялар").
3. бір пән аумағында арнайы түсіндірме сөздік енгізілген болу керек;
4. бір қатардағы мәтін 62-65 таңбадан аспауы тиіс. Себебі материалды баспаға шығару қажет болса, ол А4 көлемді параққа дұрыс түсетіндей болуы керек.

Оқу процесін сапалы ұйымдастырудың келесі түрі - «E- learning». E- Learning – бұл оқу үрдісін ұйымдастырудағы халықаралық стандарттар мен принциптерін қолдайтын, барлық заманауи талаптарға сәйкес келетін, электронды және қашықтықтан оқыту түрі. Оқытудың аталмыш жүйесі білім беру саласын түбегейлі өзгертеді. Қазіргі таңда E-learning электронды білім беру көп елдердің білім жүйесіне қарқынды енгізіліп отырған оқытудың озық формаларының бірі болып келе жатыр. Қазақстан Республикасында электронды оқыту білім жүйесінің инновациялық дамуының басты бағыттарының бірі болып есептеледі. Әлемдік тәжірибелердің көрсеткіштері бойынша e-learning жүйесі білім беруді модернизациялаудың басты құралдарының бірі екендігін айқындайды.

Студенттердің білім алу процесін жаңғыртудың келесі түрі, MOOK — бұл әлемдік білім берудегі ең танымал және болашағы бар трендтердің бірі. MOOK өз кезегінде кез келген затқа немесе дисциплинаға кез-келген уақытты үнемдеуге мүмкіндік береді. Курстар әлемнің жоғарғы оқу орындарында, мысалы, Стэнфорд, Гарвард, MIT, Джон Хопкинс Университеті мен басқа да адамдарға ұсынылған. MOOK жаңа мүмкіндіктері бойынша өз мүмкіндіктерін ашуға, сынақтарға дайындалуға, курстарды өтуге, әдеттерді орындауды мүмкіндік береді.

Жаңашылдығы:

1. Қолданушыға ынғайлы интерфейс;
2. Жаңа технологияның қолданылуы;
3. Видео, аудио түрдегі ақпараттардың қолдануы;
4. Жылдам қол жеткізу;

5. Пән аумағында арнайы түсіндірме сөздік;
6. Форумдарда талқылауға мүмкіндік және т.б.

Жұмыс барысында Python бағдарламалау тіліне арналған электронды оқулықты құрастыру және оны MOOK жүйесіне енгізу. Неге Python десеңіз?, себебі - Python қарапайым және қуатты объектілі-бағытталған бағдарламалау тілі болып табылады. Ол, жоғары деңгейдегі деректер құрылымын қамтамасыз ететін, талғампаздық синтаксисі бар және динамикалық теруді пайдаланады, ол түрлі қосымшалар арқылы бірнеше платформаларында жұмыс істеу үшін арналған тамаша тіл. Python бай стандартты кітапханадан, және модульдердің бай жиынтығынан тұрады. Сонымен қатар Python – INTERNET және WEB қосымшаларын бағдарламалауға, бейнелерді өңдеуге, деректер қорымен жұмыс жасауға және басқа да қосымша бағдарламаларды жасауға мүмкіндік береді. Бұл тілде жазылған бағдарламаларды үлкен және атақты корпорацияларда қолданады: Google, IBM, Yahoo!, NASA, Red Hat және т.б. Python бағдарламалау тілін Windows, UNIX (GNU/Linux, FreeBSD) және Mac OS платформаларында да қолдануға болады. Бұл бағдарламалау тілін қолдану геометриялық прогрессияда өсуде, болашақта көптеген салаларда үлкен сұранысқа ие болатынды. Қазіргі таңда Python бағдарламалау тіліне арналған еліміздің ұлттық тілінде ешқандай оқулықтар, ақпараттар жоқ. Сондықтан біз бірінші болып қазақ тілінде Python – ға арналған электронды оқулық жасаймыз және оны MOOK жүйесінде таралады. Барлығымызға белгілі, Әл — Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті MOOK жүйесі бойынша еліміздегі университеттер арасында алдыңғы қатарда екені. Осыған орай оқулықты ҚазҰУ-нің MOOK жүйесіне енгізіп, университетімізді тағы бір деңгейге көтеретініне сенімдімін. Себебі бізде Python бағдарламалау тіліне ерекше оқу әдістемелік жоспары жасалды.

Жоспар бойынша:

1. Python бағдарламалау тіліне кіріспе.
2. Арифметикалық операторлар.
3. Логикалық деректер түрі.
4. Шарт операторлары.
5. For, while циклдері.
6. Функция. Функцияны жариялау.
7. Модульдер түрі.
8. Тізімдер(string). Тізімдермен жұмыс істеу.
9. Сөздіктер. Сөздіктермен жұмыс.

Толығырақ Қазақ ұлттық университетінің MOOK жүйесінен оқыңыздар.

Қорытынды: Бүгінгі таңда студенттер үшін электрондық оқулық жоғары оқу орындарында оқыған барлық жылдардың барлығында да өздері толықтырып отыра алатын және қорытынды емтиханға дайындылуға көмектесетін мәліметтер қоры болып келеді. Электрондық оқулықтармен жұмыс істеу әрбір студенттің өз мүмкіндігін есепке ала отырып, оқып үйрену ісін жеке дара жүргізуі болып саналады. Білім беру саласында электрондық оқулықтарды пайдалану студенттердің танымдық белсенділігін арттырып қана қоймай, логикалық ойлау жүйесін қалыптастыруға, шығармашылықпен еңбек етуге жағдай жасайды. Оқу материалы студентке компьютер арқылы тез, жылдам түсіндіріледі.

Жасалған электрондық оқулық ҚазҰУ – нің MOOK жүйесіне ендіріледі, кез – келген студент өзіне ыңғайлы уақытта оны қолдана алады. Заман талабына сай жас ұрпаққа сапалы білім беруде электрондық оқулықтарды пайдалану – білім берудің жаңа технологиясының бір түрі ретінде қарастыруға болады.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Сарыбаева, Г.Н. «Электрондық оқулық — болашақ мұғалімдердің кәсіби даярлығын жетілдіру құралы» Түркістан, 2009
- [2] А. Н. Чаплыгин. Учимся программировать вместе с Питоном. Учебник. - ревизия 226. — 135 с.4
- [3] Дистанционное обучение (опыт реализации в ВКГТУ); научное издание/ Г.М.
- [4] Балакаева Г.Т., Боранбаев С.А., Бексултанов А.Б., Шолпанбаев Б.Б., Сералин Г.А.Мультимедийная обучающая программа по компьютерной грамотности. Труды Второй Международной Конференции “New Trends in the Computer Science Master’s Curriculum”, 2004.
- [5] Corporation for National Research Initiatives, 1995–2000 с

[6] Лутц М. Программирование на Python, том I, 4-е издание. – Пер. с англ. – СПб.: Символ-Плюс, 2011. – 992 с.

[7] Доусон М. Програмуємо на Python. – СПб.: Питер, 2014. – 416 с.

[8] Шапошникова С. Основы программирования на Python. Вводный курс.

Спашев Н.Б., Балакаева Г.Т.

**Разработка электронного учебника «Программирование на Python» для MOOK.**

**Резюме.** Целью статьи является разработка электронного учебника "Python programming" для дистанционного обучения и его внедрения в систему MOOK. Преимущества дистанционного обучения, необходимые технологий, требований и т.д. детали покрыты. Необходимая информация о системе MOOK была выбрана и обработана удобным способом. Также упоминался электронный учебник для языка программирования Python и область применения новой методики преподавания. Языки программирования, используемые для электронных учебников php, mysql, python, django, yii2, html, css, bootstrap и другие языки. Эти языки программирования способствуют быстрому функционированию электронного учебника по системе MOOK. Система MOOK динамично развивается в дистанционном обучении, и мы надеемся что внесли свой вклад в этот процесс.

Spashev N.B., Balakayeva G.T.

**Development of electronic textbook "Python programming" for MOOC.**

**Summary.** The thesis is based on the development of electronic training software "Python programming" for distance learning and its MOOC system. Priority distance learning, inexperienced technologies, demand, etc. The details are covered. Unexpected information about the MOOC system was a good tool for processing and processing. There was also an electronic textbook on programming and programming in Python, as well as the introduction of new teaching methods. The software used for php, mysql, python, django, yii2, html, css, bootstrap and other languages. Language programming is facilitated by the rapidly functioning electronic lexicon of the MOOC system. The MOOC system is dynamically developing in distance education, and we hope that this is what we are doing with our own process.

УДК 539.3

**Р.А.Абдолда**

(әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті  
Алматы, Қазақстан Республикасы  
abdolda\_\_rustem@mail.ru)

**ЖАСЫРЫН МАРКОВ МОДЕЛІН СИПАТТАП, ОҢТАЙЛЫ КҮЙДІҢ РЕТІН ІЗДЕУ**

**Аннотация.** Жасырын Марков Моделі (ЖММ) - уақыт сериясы деректерінің кең ауқымын модельдеу үшін арналған танымал статистикалық құрал. Табиғи тілдерді өңдеу (ТТӨ) контексінде ЖММ сөздерді бөлектеу және сөз тіркестерін белгілеу секілді мәселелерде үлкен жетістіктерге қол жеткізді. Марков тізбегі - кездейсоқ оқиғалардың бірінен кейін бірі орындалатын ақырғы есеп сандарының нәтижелерінен тұратын және де соңғы жағдайдың дәл қазір болып жатқан жағдайдың күйіне байланысты екенін аңғаратын, кез-келген алдыңғы болған жағдайларға байланысты емес болып табылатын модель. Модель тым шектелген болғандықтан, тәжірибелік тұрғыда осындай нысанды қолданған тиімсіз болып табылады. Бұндай берілетін тапсырмалар нысандарына байланысты, марков моделін кең ауқымды түрде қолдану керек, сол жағдайда функция болса, нәтиже соңында алынған модель өз кезегінен екі ретті стохастикалық процесс болады. Кез келген процесс жұптарынан тұрып, бір процесс бастапқы ретінде, ал екінші процесс бақыланбайтын болады. Мақалада ЖММ арқылы оңтайлы күйдің ретін іздейміз.

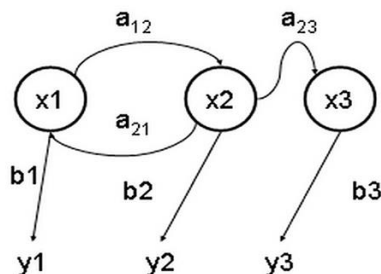
**Кілттік сөздер:** Жасырын Марков моделі, Марков тізбегі, имитация, статистикалық модель, стохастикалық процесс.

*Жасырын Марков моделі (ЖММ)* — жұмыс процесі имитацияланатын, белгісіз параметрлерді анықтау міндеті қойылған, Марков процесіне ұқсайтын статистикалық модель.

Алынған параметрлер келесі талдауға қолданылуы мүмкін, мысалы, бейнелерді тану. ЖММ қарапайым, байестік сенім желісі ретінде қарастырылуы мүмкін. Жасырын Марков модельдері туралы 1960 жылы Баум жариялады. 1970 жылы бұл модельдің көмегімен, сөзді анықтау бағытында

алғаш рет қолданылды. 1980 жылдың ортасынан бастам ЖММ биологиялық тізбектерді талдауға қолданылады, атап айтқанда ДНК-ны талдайды.

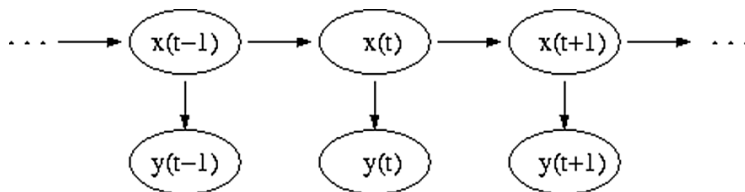
ЖММ мынадай облыстарда көп қолданылады: сөзді тану, хат және бифонформатика. Сонымен қоса, ЖММ криптоанализбен машиналық аударуда қолданылады[1].



1-сурет. Жасырын Марков моделіндегі көшу диаграммасы.

- x — жасырын күй
- y — бақыланатын нәтижелер
- a — көшу ықтималдықтары
- b — нәтиже ықтималдығы

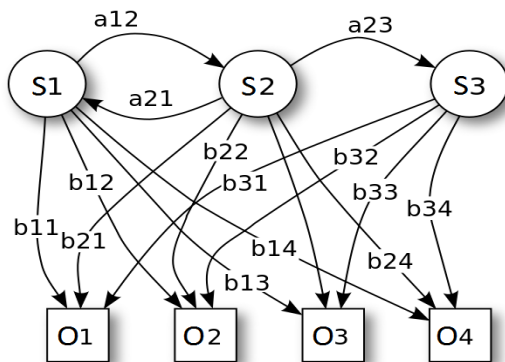
Қарапайым Марков моделінде, жағдай, бақылаушыға көрінеді, сол себептен, көшу ықтималдықтары - жалғыз параметр болып табылады. Жасырын Марков моделінде, біз, берілген жағдайға әсер ететін ауыспалықтарды бақылай аламыз. Әрбір жағдайда ықтималдық бөлу бар. Сол үшін ЖММ - де генерацияланған символдар тізбегі, жағдай тізбектері туралы ақпарат береді.



2-сурет. Марков тізбегінің сипаты.

Сопакшалар-кездейсоқ мәнді айнымалылар болып табылады.  $x(t)$  кездейсоқ айнымалылары,  $t$  уақыт сәтіндегі жасырын ауыспалылықтарды білдіреді.  $y(t)$  кездейсоқ айнымалылары,  $t$  уақыт сәтіндегі бақыланатын ауыспалылықты білдіреді. Диаграммадағы бағытталмағандар шартты тәуелділіктерді көрсетеді.  $x(t)$  жасырын ауыспалылықтың мәні,  $x(t-1)$  жасырын ауыспалылықтың мәніне тәуелді екені, диаграммдан анық көрінеді. Бұл Марков сипаты деп аталады. Алайда, сол мезетте бақыланып отырған  $y(t)$  ауыспалылығының мәні,  $x(t)$  жасырын ауыспалылығының мәніне тәуелді (екеуі де  $t$  уақыт аралығында).

Төменде ұсынылған диаграмма, ЖММ-ң жалпы құрылымын көрсетеді[2].



2-сурет. ЖММ визуалды ұсыну.

Байқалатын элементтер (Y векторы)

Жасырылған күйлер (X векторы)

$A = \{a_{ij}\}$ -күйлер арасындағы ауысулар ықтималдығын тарату (әлде көру ықтималдықтар матрицасы)

$B = \{b_i(j)\}$ -әрбір күйден байқалатын элементтердің пайда болуы ықтималдығы

Бастапқы бөлу ( бастапқы уақытта әр күйдің пайда болу ықтималдығын қамтитын вектор )

**ЖММ жауап беретін негізгі сұрақтар:**

Осы модельде бақыланатын тізбектің пайда болу ықтималдығы қандай?

Берілген бақыланатын тізбекте пайда болу ықтималдығы үлкен болуы үшін қандай параметрлер қою қажет?

Жоғарыдағы сипатталған міндеттерді шешу әдістерін қарастырайық.

Модель және бақылау тізбектілігі берілген. *Табу керек:* берілген тізбектің, берілген модельде, пайда болу ықтималдығын бағалау. Ықтималдықты, тізбекті ескере отырып, сапаны бағалау моделі ретінде қарастырсақ болады (нәтижесі бірнеше модельдерді таңдау кезінде қолданылуы мүмкін).

*Шешуі:*

Кейбір бақылау тізбегі  $O = O_1 O_2 O_3 \dots O_T$  және  $\lambda$  моделі болсын.  $P(O|\lambda)$ -былай белгіленеді:  $O$  тізбегінің  $\lambda$  моделіндегі пайда болу ықтималдығы. Егер де  $Q = q_1, q_2, \dots, q_T$ , жағдай тізбегін осы күйі қалдыратын болсақ, онда біз пайда болу ықтималдықтарды, бақыланатын тізбек  $O$  үшін  $Q$  жағдай тізбегін таба аламыз:

$$P(O|Q, \lambda) = \prod_{t=1}^T P(O_t | q_t, \lambda) = b_{q_1}(O_1) * b_{q_2}(O_2) * \dots * b_{q_T}(O_T)$$

$$P(Q|\lambda) = \pi_{q_1} a_{q_1 q_2} a_{q_2 q_3} * \dots * a_{q_{T-1} q_T}$$

$$P(O, Q|\lambda) = P(O|Q, \lambda)P(Q|\lambda)$$

$$P(O|\lambda) = \sum_Q P(O|Q, \lambda)P(Q|\lambda) = \sum_{q_1 q_2 \dots q_T} \pi_{q_1} b_{q_1}(O_1) a_{q_1 q_2} b_{q_2}(O_2) * \dots * a_{q_{T-1} q_T} b_{q_T}(O_T)$$

Ықтималдықты мынадай түрмен санау үшін  $2TN^T$  рет есептеулер жүргізу керек. Есептеуді қысқартуға мүмкіндік беретін, "тура-кері" жүрісті алгоритмді қарастырайық[3].

*"Тура-кері" жүрісті алгоритм:*

$\alpha_1(i) = P(O_1 O_2 \dots O_T | q_T = S_i, \lambda)$  енгізсек, сонда  $\alpha_1(i)$  — дегеніміз,

$O_1 O_2 \dots O_t$  тізбегінің бақылау ықтималдығы, және берілген  $\lambda$  моделінде  $t$  уақыт кезіндегі  $S_i$  жағдайы болып табылады.  $\alpha_t(i)$  - ны, индуктивті таба аламыз:

Инициализация:

$$\alpha_1(i) = \pi_i b_i(O_1), 1 \leq i \leq N$$

Индукция:

$$\alpha_{t+1}(j) = \left[ \sum_{i=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} \right] b_j(O_{t+1}), 1 \leq t \leq T - 1; 1 \leq j \leq N$$

Қорытынды:

$$P(O|\lambda) = \sum_{i=1}^N \alpha_t(i)$$

Мұндай анықтама  $N^2T$  рет есептеу тізбегін қосады.

Сонымен қоса,  $\beta_t(i) = P(O_{t+1} O_{t+2} \dots O_T | q_t = S_i, \lambda)$  енгізсек, берілген  $\lambda$  моделінде  $t+1$  уақыт кезіндегі  $S_i$  жағдайы болып табылады.  $\beta_t(i)$  - ны, индуктивті таба аламыз:

Инициализация:

$$\beta_T(i) = 1, 1 \leq i \leq N$$



Индукция:

$$\beta_t(i) = \sum_{j=1}^N a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j), t = T - 1, T - 2, \dots, 1; 1 \leq i \leq N$$

Мұндай анықтама  $N^2 T$  рет есептеу тізбегін қосады.

Модель және бақылау тізбектілігі берілген. Табу керек: бұл модельдегі тізбектікті ең жақсы түрде сипаттап беретін, жасырын тізбекті күйлерді табу.

Шешуі:

Бірінші есепке қарағанда, бұл жерде нақты шешім жоқ. Барлық қиындық оптимальді критерийді таңдауда болып табылады. Ең оңай шешу жолы мынадай: бөлек-бөлек мүмкіндігінше ықтимал болатын  $q_t$  жағдайын таңдау.

$$\gamma_t(i) = P(q_t = S_i | O, \lambda) = \frac{\alpha_t(i) \beta_t(i)}{P(O|\lambda)} = \frac{\alpha_t(i) \beta_t(i)}{\sum_{i=1}^N \alpha_t(i) \beta_t(i)}$$

$$\sum_{i=1}^N \gamma_t(i) = 1$$

Осы жағдайда,  $t$  уақыт моментіне сай келетін күй:

$$q_t = \operatorname{argmax}_i \gamma_t(i), 1 \leq t \leq T$$

$$1 \leq i \leq N$$

Осындай қарапайым модельде мәселе туындауы мүмкін: жарамсыз финал (яғни, кейбір  $i$  және  $j$  үшін  $a_{ij} = 0$ ). Біз күйдің дұрыс жұптарын ( $q_t q_{t+1}$ ), үштік және т.б. қарастырайық. Динамикалық бағдарламалау әдістерін қолдану арқылы біз жақсы жолды іздеудеміз.

Алгоритм Витерби:

$$\text{Сапа функциясын анықтайық: } \delta_t(i) = \max_{q_1, q_2, \dots, q_{t-1}} P(q_1 q_2 \dots q_{t-1}, O_1 O_2 \dots O_t | \lambda).$$

$$\text{Индукция бойынша: } \delta_{t+1}(j) = [\max_i \delta_t(i) a_{ij}] b_j(O_{t+1}).$$

Кезектілікті қалпына келтіру үшін бірқатар  $\psi_t(j)$  аргументтерді сақтау керек

$$1. \text{ Инициализация: } \delta_1(i) = \pi_i b_i(O_1), 1 \leq i \leq N, \\ \psi_1(i) = 0$$

2. Индукция:

$$\delta_t(j) = \max_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}] b_j(O_t), 2 \leq t \leq T; 1 \leq j \leq N$$

$$\psi_t(j) = \operatorname{argmax}_{1 \leq i \leq N} [\delta_{t-1}(i) a_{ij}], 2 \leq t \leq T; 1 \leq j \leq N$$

Қорытынды:

$$P^* = \max_{1 \leq i \leq N} \delta_T(i)$$

$$q_T^* = \operatorname{argmax}_{1 \leq i \leq N} \delta_T(i)$$

Бағыт:

$$q_t^* = \psi_{t+1}(q_{t+1}^*), t = T - 1, T - 2, \dots, 1$$

Жаттығу тізбегі берілген. Бұл есептің міндеті, модельді дұрыс сұлбаға келтіріп, бақыланатын тізбектің ең жақсы сипаттамасын алу.

Шешуі:

Бұл есептің аналитикалық шешімі жоқ. Оған қоса, модельдің дұрыс сұлбасын қалай келтіретініміз белгісіз. Мұндай жағдайда,  $\lambda = (A, B, \pi)$  моделін таңдаймыз, итеративті рәсімдерді қолданып.  $P(O|\lambda)$  — жергілікті түрде максимум. Анықтайық:

$$\xi_t(i, j) = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{P(O|\lambda)} = \frac{\alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}{\sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \alpha_t(i) a_{ij} b_j(O_{t+1}) \beta_{t+1}(j)}$$

$\gamma_t(i)$  - t уақыт моментінде берілген бастапқы деректердің  $S_i$  жағдайындағы ықтималдықты табуы болса, онда  $\gamma_t(i) = \sum_{j=1}^N \xi_t(i, j)$ .

$\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)$  - қозғалыстардың  $S_i$ -дан күтілетін саны.

$\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i, j)$  - қозғалыстардың  $S_i$ -дан  $S_j$ -ға өтетін күтілім саны.

Қайта бағалау жүргізейік:

$\bar{\pi}_i$  - бастапқы уақытта  $= \gamma_1(i)$ ,  $S_i$  күйінде пайда болу ықтималдығы.

$$\bar{a}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^{T-1} \xi_t(i, j)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)}$$

$$\bar{b}_{ij} k = \frac{\sum_{t=1, O_t=y_k}^{T-1} \gamma_t(i)}{\sum_{t=1}^{T-1} \gamma_t(i)}$$

Егер жаңа параметрлер дәйектілікті дәлірек сипаттайтын болса, онда біз модель параметрлерін жаңа параметрлермен алмастырамыз және оны қайталаймыз[4].

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Ветров, Д.П. Жасырын Марков модельдері / [Электронды ресурс] - [URL:http:// www.machinelearning.ru/wikiimages/8/83/gm12\\_3.pdf](http://www.machinelearning.ru/wiki/images/8/83/gm12_3.pdf)(соңғы айналым мерзімі 2014 жылғы 2/06)
- [2] Лоуренс Р. Рабинер, «Жасырын Марков модельдері және сөйлеуді танудағы таңдаулы бағдарламалар туралы оқу құралы», IEEE мақаласы, Ақпан. 1989, б. 257-286.
- [3] Элмс А.Ж., Проктер С., Илленгвут Ж. Факсимильді сөзді тану үшін НММ-негізделген тәсілді пайдаланудың артықшылығы // Құжаттарды талдау және тану жөніндегі халықаралық журнал (1998)
- [4] Л.Баум. Максимизациялау техникасы. Математикалық статистика жылнамасы, 41: 164-171, 1970

Абдолда Р.А.

#### Описание скрытой марковской модели и ее оптимальное положение

**Резюме.** Скрытая Марковская Модель (СММ) - популярный статистический инструмент для моделирования широкого диапазона данных временных рядов. В контексте обработки естественного языка (ОЕЯ), СММ были применены с большим успехом к таким проблемам, как частичная речевая маркировка и фрагментация именной фразы. Цепь Маркова - это модель, которая является результатом числа сквозных событий, которые происходят после одного из случайных событий, и не зависит от какого-либо предыдущего события, что указывает на то, что последняя ситуация зависит от состояния ситуации на данный момент. Поскольку модель слишком ограничена, на практике использовать этот объект неэффективно. В зависимости от объектов такого назначения марковская модель должна использоваться в широком диапазоне, а если она является функцией, то полученная модель будет двумерным случайным процессом. Каждый процесс состоит из пар, изначально один процесс, а другой не контролируется. В настоящей статье мы ищем оптимальное состояние порядка через СММ.

**Ключевые слова:** Скрытая Марковская Модель, Цепь Маркова, имитация, статистическая модель, стохастический процесс.

Abdolda R.A.

#### Describe the hidden Markov model and searching the optimal position

**Summary.** The Hidden Markov Model (HMM) is a popular statistical tool for modeling a wide range of time series data. In the context of natural language processing(NLP), HMMs have been applied with great success to problems such as part-of-speech tagging and noun-phrase chunking. Markov chain is a model, which is the result of the final calculations performed after one of the accidental events, and is not dependent upon any previous occurrence,

indicating that the latter situation depends on the state of the situation at the moment. Because the model is too limited, it is ineffective to use this object in practice. Depending on the objects of such assignment, the Markov model should be used in a wide range, and if it is a function, then the resulting model will be a two-dimensional stochastic process. Every process consists of pairs, one process is initially and the other is not controlled. In this article, we are looking for the optimal state of order through the HMM.

**Keywords:** Hidden Markov Model, Markov chain, imitation, statistical model, stochastic process.

УДК 519.63; 519.684

**А.А. Исахов, К.К. Кабденова**

(Казахский национальный университет имени аль-Фараби,

Алматы, Республика Казахстан,

e-mail: alibek.issakhov@gmail.com, kabdenova.kalima@gmail.com)

### **ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННУЮ ТЕРРИТОРИЮ ПРИ НЕОДНОРОДНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ**

**Аннотация.** В статье рассмотрено численное моделирование ветровых воздействий на урбанизированную территорию при неоднородном рельефе местности. Для описания данного процесса используется уравнение Навье-Стокса. Для проверки адекватности математической модели и численного алгоритма поставлена и численно решена тестовая задача. Результаты тестового расчета построены в виде графиков и сравнены с экспериментальными и численными результатами других авторов. Также в работе была проведена постановка и моделирования ветровых воздействий на урбанизированную территорию на примере города Алматы. Полученные численные результаты проиллюстрированы в виде контуров вертикальной и горизонтальной скорости. Проведен анализ полученных численных результатов. В ходе проделанной работы были получены графики и выявлены проблемы не проветриваемости города из-за особенности рельефа местности на основе математического моделирования.

**Ключевые слова:** моделирование ветровых воздействия, уравнение Навье – Стокса, неглубокая каверна, метод расщепления по физическим параметрам, метод контрольного объема.

#### **ВВЕДЕНИЕ**

В настоящее время большинство крупных городов мира страдают от чрезмерного [загрязнения воздуха](#) вредными веществами, выделенными в результате работы промышленных производств, транспортом и теплопроизводящими установками. Проблема загрязнения воздуха в городах стала настолько серьезной, что возникает необходимость в своевременной информации об изменениях уровня загрязнения, так как загрязнение воздуха в городе вредно воздействует на здоровье населения и является причиной возникновения таких болезней как туберкулез, ишемическая болезнь сердца, инсульт, хроническая обструктивная болезнь легких, рак легких, острые инфекции нижних дыхательных путей у детей и т.д. [8-12].

В крупнейшем городе Казахстана, в Алматы, также остро стоит проблема смога. Город с нескольких сторон окружен горами, образующими своеобразную яму. Из-за особенности рельефа и чрезмерного большого количества выбросов в атмосферу связанных с нарастающим процессом урбанизации. Алматы является одним из самых загрязненных городов Казахстана, он занял 25 место в списке самых грязных городов мира, в рейтинге, составленном международной рейтинговой компанией NYC Partnership Consulting. Еще в 80-годы Уорк и Уорнер [7] исследуя снимки из космоса, поставили Алматы в один ряд с такими крупными металлургическими центрами как Магнитогорск и Челябинск.

Город Алматы расположен на границе степного и высокогорного района у подножия гор Заилийского Алатау. Большая часть территории города расположена в зоне подошвы горного хребта. Местность понижается с уклоном около 2° на северо-запад. Горный хребет тянется с юго-запада на северо-восток. Высота горного хребта достигает 3 км. С восточной стороны вплотную к городу подходят отроги хребта. В юго-восточной части города от хребта выходит сторону Большое Алматинское ущелье, в сторону южной – малое Алматинское. На запад местность открыта, но на расстоянии 130-150 км проходят Чу-Илийские горы высотой 2 км.

Расположение предгорной зоне обуславливает ряд присущих только Алматы климатических особенностей и создает крайне неблагоприятные условия для переноса и рассеяния примеси в атмосфере:

- 1) слабая ветровая циркуляция (средняя скорость ветра не превышает 1-2 м/сек);
- 2) низкие и мощные температурные инверсионные слои препятствуют вертикальному и конвективному движению, и способствует накоплению вредных примесей в приземном слое атмосферы;
- 3) слабое вертикальное перемешивание;

В данной статье рассматривается численное моделирование обтекания ветра над городом Алматы. С помощью численного моделирования, возможно, вычислить причины и следствия образования смога над городом, и на основе проведенных расчетов сформировать рекомендации для решения данной проблемы.

### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для моделирования ветровых воздействия на урбанизированную территорию с неоднородным рельефом местности взята модель, основанная на нестационарных двумерных уравнении Навье-Стокса с постоянной плотностью и кинематической вязкостью [1, 5].

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} &= 0 \\ \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -\frac{\partial P}{\partial x} + \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -\frac{\partial P}{\partial y} + \frac{1}{\text{Re}} \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) \end{aligned} \quad (1)$$

где  $p$  - давление,  $u, v$  - компоненты скорости,  $x, y$  - пространственные координаты,  $t$  - время,  $\text{Re}$  - безразмерное число Рейнольдса.

### ЧИСЛЕННЫЙ АЛГОРИТМ

Для решения уравнения Навье-Стокса (1) используется схема расщепления по физическим параметрам [1, 5, 6, 13, 14, 15]. На первом этапе предполагается, что перенос количества движения осуществляется только за счет конвекции и диффузии. Промежуточное поле скорости находится 5-шаговым методом Рунге-Кутты. На втором этапе, по найденному промежуточному полю скорости, находится поле давления. Уравнение Пуассона для поля давления решается методом Якоби [1]. На третьем этапе производится корректировка.

$$\begin{aligned} \text{I.} \quad \int_{\Omega} \frac{\vec{u}^* - \vec{u}^n}{\tau} d\Omega &= - \oint_{\partial\Omega} \left( \nabla \vec{u}^n \vec{u}^* - \nu \Delta \vec{u}^* \right) n_i d\Gamma \\ \text{II.} \quad \oint_{\partial\Omega} (\Delta p) d\Gamma &= \int_{\Omega} \frac{\nabla \vec{u}^*}{\tau} d\Omega \\ \text{III.} \quad \frac{\vec{u}^{n+1} - \vec{u}^*}{\tau} &= -\nabla p \end{aligned}$$

РЕЗУЛЬТАТЫ РАСЧЕТОВ

Тестовая задача

Для тестирования используемого численного алгоритма взята статья Prabu and Padmanaba [2]. В статье рассматривается ламинарная пристеночная струя потока над неглубокой каверной. Взяв такие же параметры ( $Re=100$ ) и геометрию (Рисунок 1) получили достаточно хорошие численные результаты.

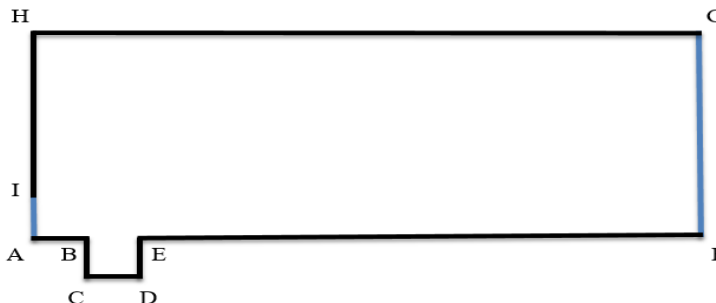


Рис. 1. Геометрия тестовой задачи

AB=1	BC=1	CD=1
DE=1	EF=38	FG=20
GH=40	HI=19	AI=1

Граничные условия задаются для физических переменных: давления и компонентов скорости. Используется два типа граничных условий: Дирихле и Неймана. Для давления  $P$  на всех границах, кроме выхода используется граничное условие Неймана. Для компонентов скорости используются граничные условия Дирихле.

Рассмотрим различные граничные условия для каждой категории:

Для входа (AI):

$$u_0 = 4(y - y^2)$$

Для симметрии (GH):

$$\frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad v = 0$$

(2)

Для стен (AB, BC, CD, DE, EF, HI):

$$u = v = 0$$

Для выхода (FG):

$$\frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 0$$

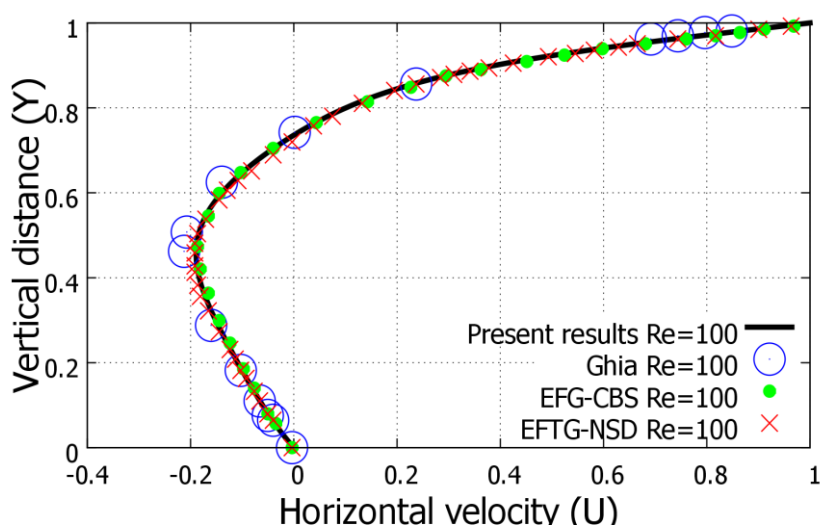


Рис. 2. Профиль горизонтальной скорости ( $u$ ) при  $Re=100$

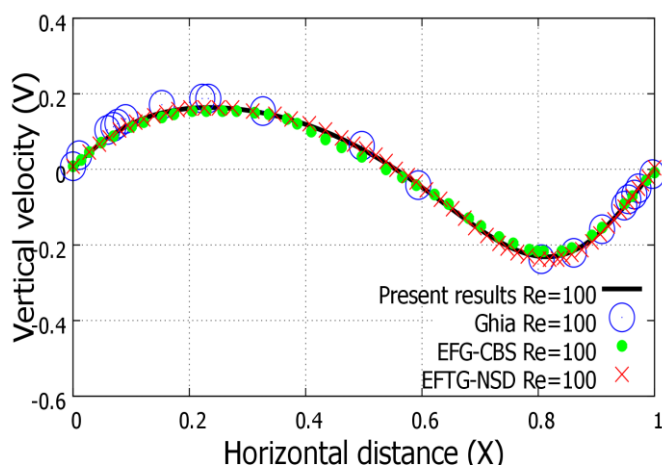


Рис. 3. Профиль вертикальной скорости ( $v$ ) при  $Re=100$

На рисунке 2 изображены сравнения профили горизонтальной скорости при сечении  $x=0.5$  для числа  $Re=100$  с экспериментальными данными, полученными Гией [2] отмеченными кругами синего цвета, численными данными Wang X., Ouyang J. [4] и численными данными настоящей работы, отмеченными сплошной черной линией. В численных результатах полученных Wang X., Ouyang J. [4] используются два численных метода: Element-Free Taylor-Galerkin methods with Characteristic-Based Split (EFTG-CBS) и Element-free Galerkin method with Non-Splitting Decoupling (EFG-NSD) отмеченными зеленой точками. Из данного рисунка можно отметить что численный алгоритм который применяется в данной работе дает хорошие результаты по сравнению с экспериментальными [3] и численными результатами [4] других авторов.

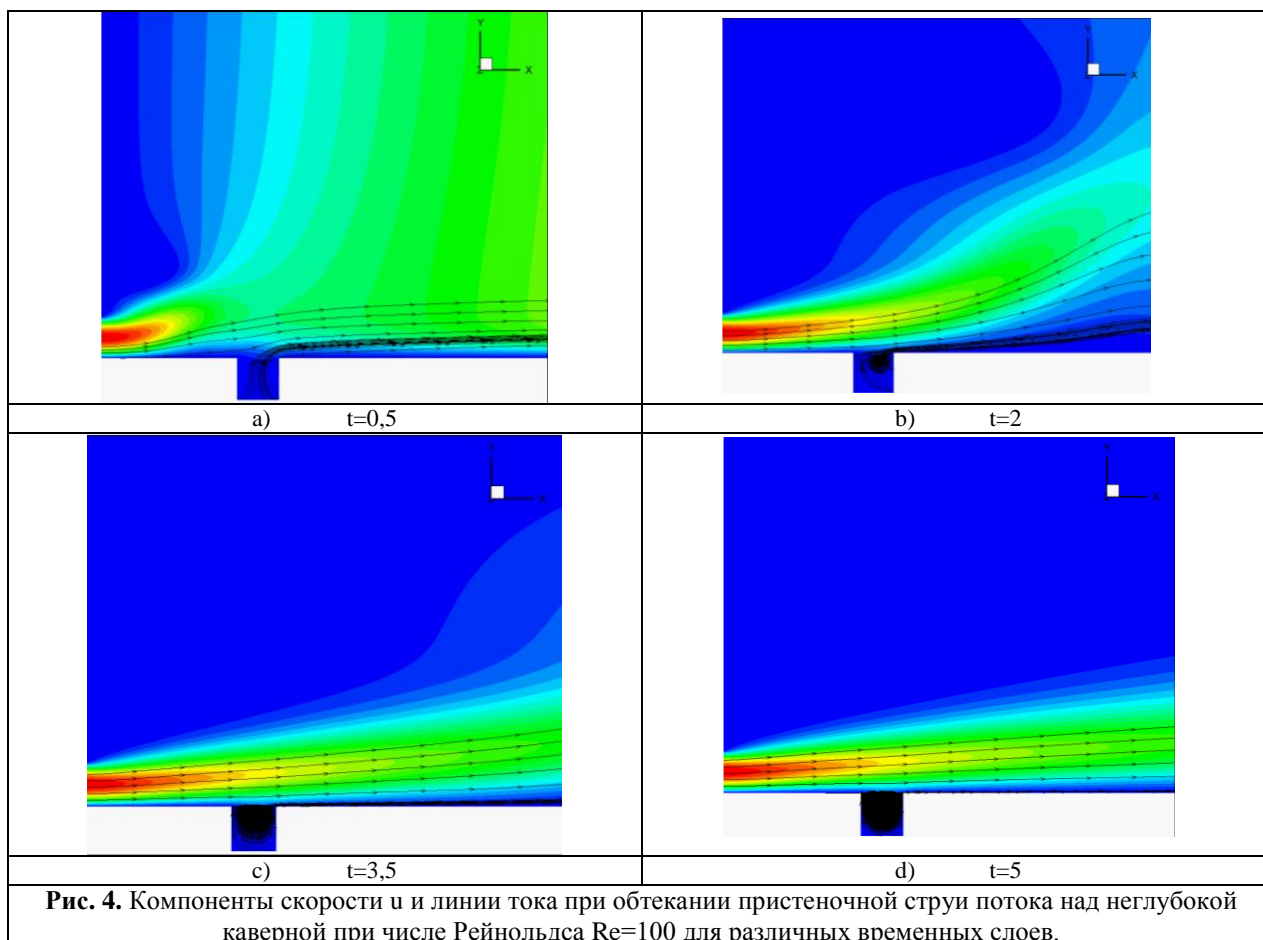


Рис. 4. Компоненты скорости  $u$  и линии тока при обтекании пристеночной струи потока над неглубокой каверной при числе Рейнольдса  $Re=100$  для различных временных слоев.

На рисунке 3 изображены сравнения профили вертикальной скорости при сечении  $y=0.5$  для  $Re=100$  с экспериментальными данными, полученными Гией [2], численными данными Wang and Ouyang [4] и численными результатами данной работы. В численных результатах полученных Wang X., Ouyang J. [4] используются два численных метода: Element-Free Taylor-Galerkin methods with Characteristic-Based Split (EFTG-CBS) and Element-free Galerkin method with Non-Splitting Decoupling (EFG-NSD). Сравнив полученные нами результаты с экспериментальными [3] и численными результатами [4] других авторов, можно утверждать, что используемый численный алгоритм дает достаточно хорошие результаты.

На рисунке 4 изображены контуры горизонтальной скорости и линии тока при различных временных слоях для числа Рейнольдса ( $Re=100$ ). Как видно с данного рисунка в области каверны появляются вихри. С течением времени эти вихри не покидают область каверны.

### Задача ветрового воздействия на урбанизированную территорию при неоднородном рельефе местности

Для моделирования задачи ветрового воздействия на урбанизированную территорию при неоднородном рельефе местности на примере города Алматы применяется оттестированная математическая модель и численный алгоритм. На рисунке 5 представлена геометрия города с размерами и граничными условиями.

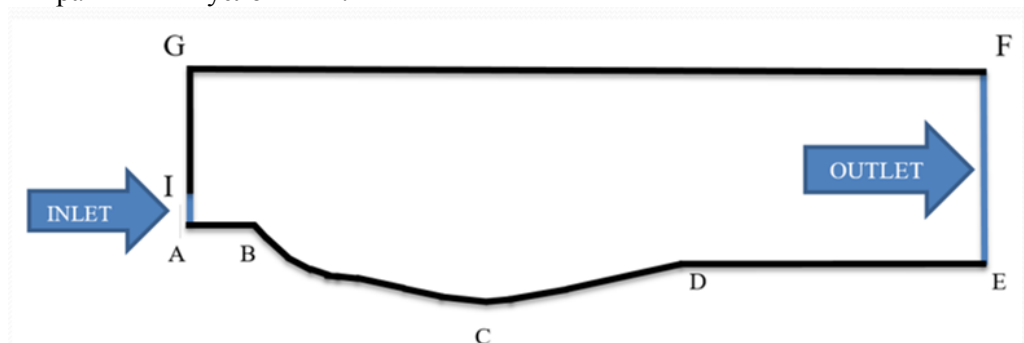


Рис. 5. Геометрия модели ветровых воздействий на местность с неоднородным рельефом (г. Алматы).

AB=3,2	BD=6,92	DE=9,8	EF=9
FG=20	GI=8	AI=1	

Граничные условия выбраны аналогичные с тестовой задачей и выглядят в таком виде:

Для входа (AI):  $u_0 = 4(y - y^2)$

Для симметрии (GF):  $\frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad v = 0$

Для стен (AB, BD, DE, FG, GI):  $u = v = 0$

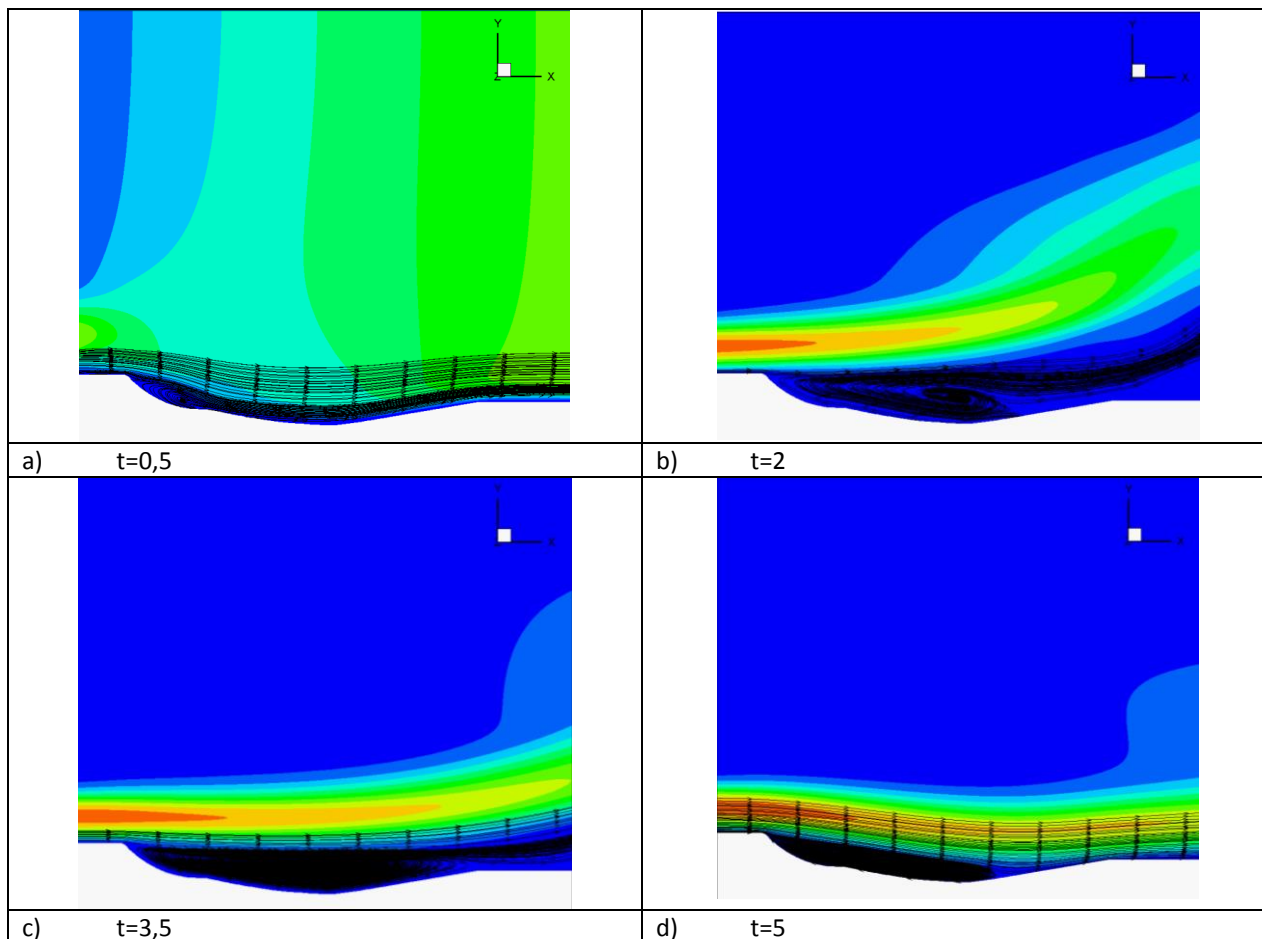
Для выхода (FE):  $\frac{\partial u}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial v}{\partial x} = 0, \quad \frac{\partial p}{\partial x} = 0$

(3)

Для моделирования ветровых воздействия урбанизированную территорию с неоднородным рельефом местности, а нашем случае города Алматы используется математическая модель (1) представленное уравнением Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Используя выше указанные граничные условия (3), численно решаем методом расщепления по физическим параметрам в три этапа. Дискретизация данной системы уравнения (1) проводилась с помощью метода контрольных объемов. Для проведения расчетов область была поделена на 8 расчетных подобластей различных размеров. Каждая подобласть представлена в виде сеточного блока, содержащие части криволинейных, неравномерных и структурированных сеток. Для получения более точных численных результатов интересующие нас урбанизированной области города произведено сгущение вычислительной сетки, т.е. размеры контрольных объемов уменьшаются. Это позволяет провести более точные вычисления. По мере удаления сетки от зоны вихря и обтекания, размеры контрольных



объемов увеличиваются. В областях, не представляющих большого интереса при решении заданной проблемы, сеточные узлы меньше. А в наиболее важных для модели зонах количество узлов больше, что позволяет получить более точные результаты. На рисунке 6 показаны компоненты горизонтальной скорости ( $u$ ) и линии тока ветровых воздействия на город Алматы для различных временных слоев. Из данного численного результата можно заметить что в подошве горного хребта в большей части города образуются вихри, которая в свою очередь приводит к застою воздушной массы в городе. Данное явление отрицательно влияют полному проветриванию города, что в дальнейшем приводит образованию смога над городом.



**Рис. 6.** Компоненты горизонтальной скорости ( $u$ ) и линии тока ветровых воздействия на город Алматы для различных временных слоев.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для моделирования ветровых воздействия на урбанизированную территорию с неоднородным рельефом местности, в нашем случае города Алматы, использовалась двумерное уравнение Навье-Стокса для несжимаемой жидкости. Используемый численный алгоритм и математическая модель оттестированы с экспериментальными и численными результатами других авторов и данные результаты сравнены в виде графиков. Построен рельеф местности вертикального сечения города реального размера по топографической карте Алматы. Для проведения расчетов область была поделена на 8 расчетных подобластей различных размеров. Каждая подобласть представлена в виде сеточного блока, содержащие части криволинейных, неравномерных и структурированных сеток. Итоги расчетов показали причины появления смога и не обветривания Алматы, это связано с особенностями местонахождения города в предгорной котловине. В дальнейшем данная модель может иметь широкое применение при нахождении решения проблем атмосферного загрязнения городов имеющие неоднородный рельеф местности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Chung T.J. Computational fluid dynamics. 2002.p.1034.
- [2] Maheandera Prabu P., Padmanaban P. Laminar Wall Jet Flow and Heat Transfer over a Shallow Cavity // Scientific World Journal. – 2015 . – № 21. – P.105-116.
- [3] Ghia U., Ghia K.N., Shin C.T. High Re solutions for incompressible flow using the Navier–Stokes equations and a multigrid method. // Journal of Computational Physics. – 1982. № 48. P.387–411.
- [4] Wang X., Ouyang J. Time-related element-free Taylor-Galerkin method with non-splitting decoupling process for incompressible steady flow. // International Journal for Numerical Methods in Fluids. – 2012. №76. P.851.
- [5] Anderson J.D. Computational Fluid Dynamics. The Basics with Applications. 1995. P.547
- [6] Issakhov A., Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant // International Journal of Nonlinear Science and Numerical Simulation, – 2015, 16(5), pp. 229–238, doi:10.1515/ijnsns-2015-0047.
- [7] Уорк К., Уорнер С. Загрязнение воздуха: источники и контроль. М.:Мир, 1980. –539 с.
- [8] Cogliani, E. Air pollution forecast in cities by an air pollution index highly correlated with metrological variables // Atmospheric Environment. – 2001. №35. P.2871-2877.
- [9] Shi, J. P., Harrison, R. M. Regression Modelling of Hourly NOx and NO2 concentrations in urban air in London // Atmospheric Environment. – 1997. V.31. №24. P.4081-4097.
- [10] Comrie, A. C. Comparing neural networks and regression models for ozone forecasting // Journal of air and waste management association. – 1997. №47. P.653–663.
- [11] Boznar, M., Lesjak, M., Mlakar, P. A neural network-based method for short-term predictions of ambient SO2 concentrations in highly polluted industrial areas of complex terrain. // Atmospheric Environment. – 1993. V.27. №2. P.221–230.
- [12] Mantis H. T., Repapis, C. C., Zerefos, C. S., Ziomas, J. C. Assessment of the potential for photochemical air pollution in Athens: a comparison of emissions and air pollutant levels in Athens with those in Los Angeles // Journal of Applied Meteorology. – 1992. №31. P.1467–1476.
- [13] Issakhov A., Mathematical modeling of the discharged heat water effect on the aquatic environment from thermal power plant under various operational capacities // Applied Mathematical Modelling, –2016, Volume 40, Issue 2, pp. 1082–1096 <http://dx.doi.org/10.1016/j.apm.2015.06.024>.
- [14] Issakhov A. Large eddy simulation of turbulent mixing by using 3D decomposition method // J. Phys.: Conf. Ser. – 2011, 318(4), pp. 1282-1288, doi:10.1088/1742-6596/318/4/042051.
- [15] Chorin A.J. Numerical solution of the Navier-Stokes equations // Math. Comp. –1968, 22, pp. 745-762.

Исахов А.А., Кабденова К.К.

**Біртекті емес урбандалған аймақтарға жел әсерлерін сандық модельдеу**

**Түйіндеме.** Бұл мақалада біртекті емес урбандалған аймақтарға жел әсерлерін сандық модельдеу қарастырылған. Берілген процесті сипаттау үшін Навье-Стокс тендеуі қолданылады. Математикалық модельдің және сандық алгоритмнің дұрыстығын тексеру үшін тесттілік есеп қойылып, сандық шешімі табылды. Тесттілік есептеу нәтижелері график түрінде салынып, басқа авторлардың эксперименталды және сандық нәтижелерімен салыстырылады. Сондай-ақ, Алматы қаласының мысалында урбандалған аумаққа жел әсерін есептеу қойылымы және модельдеу жүзеге асырылды. Алынған сандық нәтижелер вертикаль және горизонталь жылдамдықтың контурлары түрінде бейнеленген. Алынған сандық нәтижелер талдауы жүргізілді. Жүргізілген жұмыс барысында графиктер алынды және математикалық модельдеу негізінде аймақтың рельефінің ерекшеліктеріне байланысты қаланың желдетілмеу проблемалары анықталды.

**Түйінді сөздер:** жел әсерін модельдеу, Навье - Стокс тендеуі, таяз қуыс, физикалық параметрлер бойынша ыдырау әдісі, ақырлы көлем әдісі.

Issakhov A.A., Kabdenova K.K.

**Numerical modeling of wind effects on urbanized area with inhomogeneous terrain**

**Summary.** In this paper is considered numerical simulation of wind effects on an urbanized territory with a heterogeneous terrain. To describe this process is used the Navier-Stokes equation. To test the adequacy of the mathematical model and the numerical algorithm, the test problem is posed and solved numerically. The results of the test simulation are constructed in the form of graphs and compared with the experimental and numerical results of other authors. Also in the work was carried out the statement and modeling of wind influences on the urbanized territory by the example of the Almaty city. The obtained numerical results are illustrated in the form of vertical and horizontal velocity contours. The obtained numerical results are analyzed. In the work graphs were obtained and problems were identified not for the ventilation of the city due to the terrain features on the basis of mathematical modeling.

**Key words:** modeling of wind impact, Navier-Stokes equation, shallow cavity, projection method, finite volume method.

# • ХИМИКО-МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЕ НАУКИ

УДК 669.334 (043)

**К.Қ. Мамырбаева, В.А. Луганов, С.Д. Оразымбетова, Д.Т. Шакирова, О.С. Байгенженов**  
(Қ.И. Сәтбаев атындағы Қазақ ұлттық техникалық зерттеу университеті,  
Алматы, Қазақстан Республикасы, [gulzira70@mail.ru](mailto:gulzira70@mail.ru))

## СУЛЬФАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН МЫСТЫ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭКСТРАГЕНТПЕН БӨЛІП АЛУ

**Андатпа.** Құрамында мыс, темір және никель иондары бар сульфатты ерітінділерден металдарды модификатор қосылған Lix 860N-IC және Lix 84-I экстрагенттерінің 1:1 қоспасымен бөліп алу бойынша жіргізілген зерттеу нәтижелері келтірілген. Мысты тиімді экстракциялау жағдайы болып келесі жағдайлар таңдап алынды: ерітіндінің рН 3,0, экстрагент концентрациясы 10 %, органикалық және сулы фазалардың қатынасы 1:1, реэкстракция кезінде – кікірт қышқылының концентрациясы 200 г/л. Экстракция және реэкстракция нәтижесінде мыстың бастапқы ерітіндіден жалпы бөліну дәрежесі 89% болды. Тиімді рН мәнінде мыс пен темірдің бөліну коэффициенті 1567, мыс пен никельдің бөліну дәрежесі – 3000-нан жоғары.

**Өзекті сөздер:** мыс, экстракция, реэкстракция, сульфатты ерітінді, темір, никель

Қазақстан Республикасында мыс өнеркәсібі ең ірі өндірістік салалардың бірі. Еліміздегі мыстың жалпы қоры әлемдік мыс қорының шамамен 6 % құрайды. Бірақ мыстың басым бөлігі қиын байытылатын, кедей мыс-порфирлі кен орындарында кездеседі. Мұндай кен орындарын өндіріске тарту заманауи технологиялардың қолданылмауынан тежеліп отыр. Дегенмен, көптеген шетелдік өндіріс орындарының тәжірибелері көрсеткендей, мұндай кен тірлерін өндеуде геотехнологиялық әдісті (соның ішінде SX-EW технологиясы) қолданған тиімді болып табылады. Осы технологияның тиімділігі - қарапайым процестер мен жабдықтардың қолданылуы, өнімді ерітіндіден мысты басқа әдістерге қарағанда жоғары дәрежеде арнайы экстрагенттермен таза тірінде бөліп алу, шаймалаушы, экстракциядан кейінгі ерітінділерді, экстрагенттерді, электролиттерді қайта қалпына келтіре отырып, бірнеше циклда пайдалану, сонымен қатар қоршаған ортаға зиян заттардың бөлінбеуі болып табылады [1, 2].

Экстракция сатысының мыс өндірісінде кеңінен қолданылуы негізінен селективтілігі жоғары заманауи хелаттізгіш экстрагенттердің көптеп өндірілуіне де байланысты болып отыр. Хелаттізгіш экстрагенттер ретінде негізінен кетоксим және альдоксимнен тұратын экстрагенттер қолданылады [3].

Осы жұмыстың мақсаты модификацияланған кетоксим (Lix 84-I) және альдоксим (Lix 860N-IC) қоспаларымен кірделі құрамды сульфатты ерітіндіден мысты экстракциямен бөліп алудың тиімді жағдайларын анықтау болып табылды.

### *Бастапқы реагенттер мен жабдықтар*

Зерттеулер химиялық таза  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ,  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  және  $\text{NiSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  тұздарынан дайындалған құрамы, г/дм<sup>3</sup>: 3,0  $\text{Cu}^{2+}$ , 2,0  $\text{Ni}^{2+}$  және 1,0  $\text{Fe}^{3+}$  болатын синтетикалық ерітінділермен жіргізілді. Экстрагент ретінде Lix 860N-IC және Lix 84-I реагенттерінің 1:1 қатынастағы қоспасы (әрі қарай – АК), сұйылтқыш ретінде ТС-300 маркалы авиациялық керосин қолданылды. Экстракция көрсеткіштері су ерітінділеріндегі металдардың концентрациялары бойынша анықталды.

### *Эксперименттер әдістемесі*

Сульфатты ерітінділерден мысты сұрыптап бөліп алу эксперименттері ЭЛ-1 экстракторында мына жағдайларда жіргізілді: рН мәні 1-10, органикалық және сулы ерітінділердің қатынасы – 1:1; фазаларды араластыру және тұндыру уақыттары - 5 минут; араластыру жылдамдығы - 800 айн/мин; температура - 20<sup>o</sup>С.

Реэкстракция процесі концентрациясы 50, 75, 100, 125, 150, 200 г/л кiкiрт қышқылының сулы ерiтiндiсiмен жiргiзiлдi.

Металдардың ерiтiндiдегi мөлшерi титрометриялық талдау әдiстерiмен анықталды.

*Зерттеу нәтижелерi*

Экстракция көрсеткiштерi негiзiнен экстрагенттiң концентрациясына, ортаның рН мәніне, араластыру уақытына, органикалық және сулы ерiтiндiлердiң қатынасына қатты тәуелдi.

*Ортаның рН мәнінің әсерi.* Зерттеуге сульфатты ерiтiндiнiң рН мәні келесi шекте алынды: 1,0-4,0. Экстракция нәтижелерi 1 кестеде келтiрiлген. Нәтижелер көрсеткендей, ортаның рН мәні 1-ден 3,5-ке дейiн артқан сайын мыстың мыстың органикалық фазаға бөлiнуi 31-ден 94 %-ға дейiн артып, әрi қарай өзгерген жоқ. Ерiтiндiдегi темір иондары рН мәні 1-ден 2 дейiн артқанда 8-ден 14 %-ға дейiн органикалық фазаға бөлiндi, әрi қарай оның экстракциялану дәрежесi төмендедi. Мұндай өзгерiс темір иондарының гидроксид тiрiнде тұнбаға тiсе бастауымен, сонымен қатар экстрагентпен тұрақсыз кешендi қосылысты тiзу мiмкiндiгiмен тiсiндiруге болады.

**1-кесте. Ерiтiндiнiң рН мәніне тәуелдi металдардың АК экстрагентiмен экстракциялануы**

рН	C <sub>Fe</sub> о.ф.	C <sub>Fe</sub> с.ф.	E <sub>Fe</sub> ,%	D <sub>Fe</sub>	C <sub>Cu</sub> о.ф, г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Cu</sub> с.ф. г/дм <sup>3</sup>	E <sub>Cu</sub> ,%	D <sub>Cu</sub>	Я(Cu/Fe)	рН	E <sub>Ni</sub> ,%	D <sub>Ni</sub>
1,0	0,92	0,08	8,00	0,09	2,07	0,93	31	0,45	5,17	4,0	1	0,01
1,5	0,90	0,10	10,00	0,11	1,32	1,68	56	1,27	11,45	5,0	5	0,05
2,0	0,86	0,14	14,00	0,16	0,99	2,01	67	2,03	12,47	6,0	36	0,56
2,5	0,92	0,08	8,00	0,09	0,63	2,37	79	3,76	43,26	7,0	49	0,96
3,0	0,99	0,01	1,00	0,01	0,18	2,82	94	15,67	1551,00	8,0	76	3,17
3,5	0,99	0,01	1,00	0,01	0,18	2,82	94	15,67	1551,00	9,0	91	10,11
4,0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,18	2,82	94	15,67	1567,00	10,0	91	10,11

Никель иондары бұл аралықта экстракцияланбайтындығы анықталды, бұл нәтиже басқа да жұмыстарда дәлелденген [4-6]. Сульфатты ерiтiндiден никельдiң экстракциясы 4-10 аралығында жiргiзiлдi. Алынған нәтижелер никель рН мәні 4-тен 8-ге жоғарылағанда ол 1-ден 91%-ға дейiн экстракцияланатындығын көрсеттi.

Осылайша, алынған мәліметтер рН 3,0 және 3,5 мәндерінде АК экстрагентімен мысты жоғары деңгейде темір мен никель иондарынан сульфатты ерiтiндiден сұрыптап бөлiп алу мiмкiн екендiгiн көрсеттi. Сондықтан әрi қарай эксперименттер тек рН мәні 3,5-ға дейiнгi мәндерде жiргiзiлдi.

*Органикалық және сулы фазалардың қатынасына қарай металдарды бөлiп алуды зерттеу*

Экстракция процесінде органикалық фаза мен экстракцияға тiсетiн өнiмдi ерiтiндi тиiстi қатынаста болуы тиiс, басқа жағдайда мыспен қоса өнiмдi ерiтiндiдегi қоспа металдар органикалық фазаға көп мөлшерде экстракцияланып, электролиз кезінде таза мыстың алынуына терiс әсерiн тигiзетiн болады. Осы себепке орай органикалық және сулы фазалардың тиiмдi қатынасын (О/С) анықтайтын эксперименттер 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 және 3,0 мәндерінде, ортаның рН 3,0 мәнінде жiргiзiлдi. Нәтижелер 2 кесте келтiрiлген.

**2-кесте. Металдардың органикалық және сулы фазалардың қатынасына тәуелдi экстракциялану көрсеткiштерi (рН-3,0)**

О/С	C <sub>Feорг.ф.</sub> г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Feсул.ф.</sub> г/дм <sup>3</sup>	E <sub>Fe</sub> , %	D <sub>Fe</sub>	C <sub>Cuорг.ф.</sub> г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Cuсул.ф.</sub> г/дм <sup>3</sup>	E <sub>Cu</sub> ,%	D <sub>Cu</sub>	Я(Cu/Fe)
0,5	0,005	0,995	0,500	0,01	2,1	0,9	70	2,33	464,33
1,0	0,010	0,990	1,000	0,01	2,82	0,18	94	15,67	1551,00
1,5	0,018	0,982	1,800	0,02	2,88	0,12	96	24,00	1309,33
2,0	0,049	0,951	4,900	0,05	2,91	0,09	97	32,33	627,53
2,5	0,098	0,902	9,800	0,11	2,94	0,06	98	49,00	451,00
3,0	0,100	0,900	10,000	0,11	2,97	0,03	99	99,00	891,00

Алынған нәтижелер О:С қатынасы 0,5-тен 3-ке дейін артқан сайын мыстың экстракциялану дәрежесі 70-тен 99 %-ға, ал темірдікі 0-ден 10 %-ға өсетінін көрсетті. Дегенмен, мыс пен темірді селективті бөліп алу үшін О:С=1 болғаны тиімді, себебі органикалық фазаның мөлшері 1,5 және одан да көп болғанымен темір иондарының экстракциялану дәрежесі 10 есеге өсті.

*Экстрагент концентрациясының әсер етуін зерттеу*

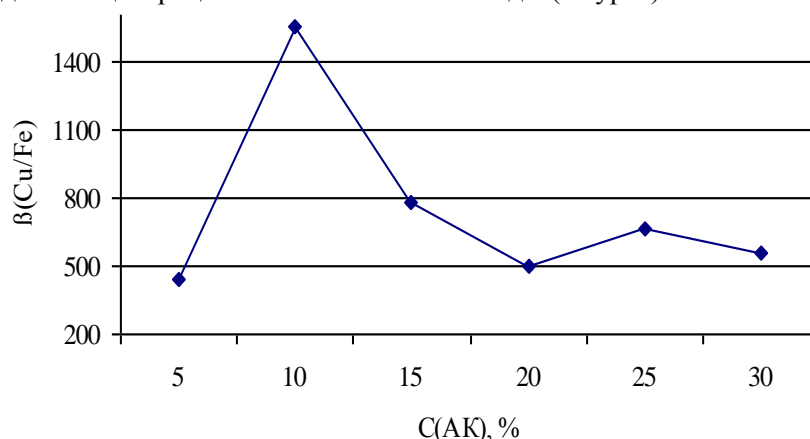
Металдардың экстракциямен бөліну дәрежесіне экстрагенттің концентрациясы қатты әсер етеді. Себебі экстрагент концентрациясының тиісті мөлшерден аз болуы металдың бөлінуін камтамасыз етпейді. Ал кері жағдайда, өнімді ерітіндідегі қоспалардың негізгі металмен бірге экстракцияланып, алынатын металдың сапасын төмендетуге әкеледі.

Мыс және темір иондарының экстрагенттің концентрациясына қарай экстракциялануын зерттеу эксперименттері АК экстрагентінің керосидегі 5; 10; 15; 20 25 және 30 % ерітінділерімен бөлме температурасында, О/С қатынасы – 1 және араластыру уақыты – 5 минут, тұндыру уақыты 5 минут, рН=3,0 жағдайында жіргізілді. Алынған нәтижелер 3 кесте мен 3 суретте келтірілген.

**3-кесте. Мыс және темір иондарының экстрагенттің концентрациясына қарай экстракциялануы (рН=3,0)**

АК экстрагенті, %	$C_{Fe\ o.f.},$ г/дм <sup>3</sup>	$C_{Fe\ c.f.},$ г/дм <sup>3</sup>	E(Fe),%	$D_{Fe}$	$C_{Cu\ o.f.},$ г/дм <sup>3</sup>	$C_{Cu\ c.f.},$ г/дм <sup>3</sup>	E(Cu),%	$D_{Cu}$	Я(Cu/Fe)
5	0,005	0,995	0,5	0,005	2,07	0,93	69	2,226	443
10	0,01	0,99	1	0,010	2,82	0,18	94	15,667	1551
15	0,04	0,96	4	0,042	2,91	0,09	97	32,333	776
20	0,09	0,91	9	0,099	2,94	0,06	98	49,000	495
25	0,13	0,87	13	0,149	2,97	0,03	99	99,000	663
30	0,15	0,85	15	0,176	2,97	0,03	99	99,000	561

Кестеден көретініміздей, рН=3,0 болғанда АК экстрагентінің 10 %-дық ерітіндісімен экстракция жіргізгенде мыстың органикалық фазаға бөліну дәрежесі 94 %-ға жетті. Экстрагент концентрациясы әрі қарай артқанымен, мыстың бөліну дәрежесі айтарлықтай өзгерген жоқ, яғни экстрагент концентрациясы әрбір 10 %-ға артқанда, мыстың бөліну дәрежесі тек бір пайыздан ғана артты. Ал темірдің органикалық фазаға бөліну дәрежесі мысқа қарағанда керісінше, экстрагент концентрациясы 10-нан 30 %-ға артқан сайын 1-ден 15 %-ға артты. Алынған нәтижелер бойынша ең тиімді АК керосиндегі концентрациясы болып 10 % саналады (1 сурет).



**1-сурет.** Экстрагенттің концентрациясына қарай металл иондарының экстракциялануы

*Реэкстракция процесі*

Мысты экстракциялаудан кейінгі жіргізілетін саты - органикалық фазадан мысты сулы фазаға қышқылдың көмегімен реэкстракциялау. Реэкстракция процесі азот, хлорлы сутегі, кикірт қышқылы

және т.б. реагенттермен жіргізіледі. Солардың ішінде реэкстракция процесін кiкiрт қышқылымен жіргiзген тиiмдi [3].

Зерттеу барысында реэкстракция реагентi ретiнде кiкiрт қышқылы тандап алынды. Зерттеу жағдайлары: температура – 20 ЭС, О/С қатынасы – 1 және араластыру уақыты – 5 минут, тұндыру уақыты 5 минут болды. Кiкiрт қышқылының концентрациясы 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 225 және 250 г/дм<sup>3</sup> құрады. Алынған нәтижелер 4 кесте мен 2 суретте келтірілген.

4-кесте. Мыс және темір иондарының қышқыл концентрациясына қарай реэкстракциялануы

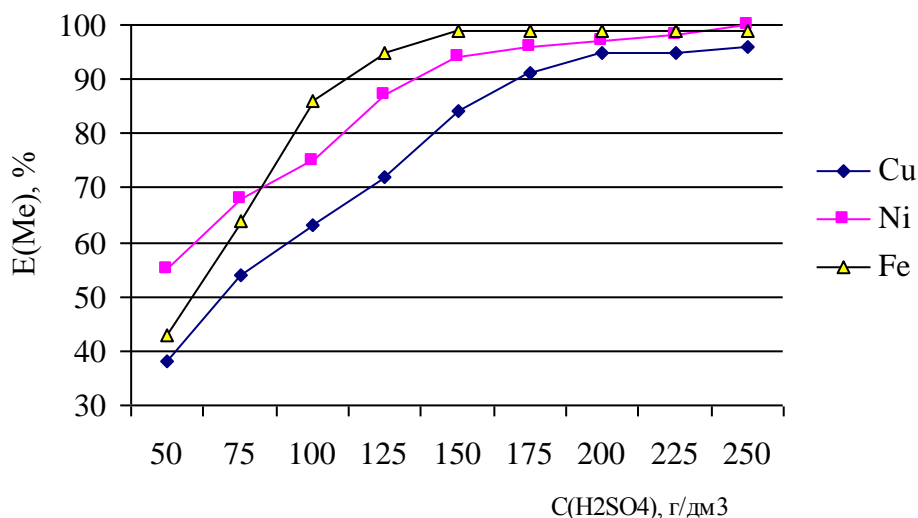
Кікірт қышқылы, г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Feоф</sub> , г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Feсф</sub> , г/дм <sup>3</sup>	E(Fe), %	C <sub>Сuоф</sub> , г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Сu с.ф.</sub> , г/дм <sup>3</sup>	E(Cu), %	C <sub>Niоф</sub> , г/дм <sup>3</sup>	C <sub>Niсф</sub> , г/дм <sup>3</sup>	E(Ni), %
50	0,0057	0,0043	43	1,93	1,07	38	0,82	1,00	55
75	0,0036	0,0064	64	1,48	1,52	54	0,58	1,24	68
100	0,0014	0,0086	86	1,22	1,78	63	0,46	1,37	75
125	0,0005	0,0095	95	0,97	2,03	72	0,24	1,58	87
150	0,0001	0,0099	99	0,63	2,37	84	0,11	1,71	94
175	0,0001	0,0099	99	0,43	2,57	91	0,07	1,75	96
200	0,0001	0,0099	99	0,32	2,68	95	0,05	1,77	97
225	0,0001	0,0099	99	0,32	2,68	95	0,04	1,78	98
250	0,0001	0,0099	99	0,29	2,71	96	0,00	1,82	100

Кестеден көретiнiмiздей, мыс иондарының реэкстракциялану дәрежесi кiкiрт қышқылының концентрациясы 200 г/дм<sup>3</sup> болғанда 95 %-ға жеттi. Әрi қарай қышқылдың концентрациясы 250 г/ дм<sup>3</sup> артқанымен мыстың реэкстракциялану дәрежесi тек 1 %-ға ғана өзгердi.

Темір иондарының реэкстракциялану дәрежесi қышқылдың концентрациясы 150 г/дм<sup>3</sup> бастап 99 %-ға жеттi және әрi қарай қышқылдың концентрациясы артқанымен тұрақты болып қалды.

Никельдiң реэкстракциясы жалпы мысқа қарағанда жақсы жірдi және кiкiрт қышқылының концентрациясы 200 г/дм<sup>3</sup> бастап реэкстракция дәрежесi тек қара 1 %-дан артып отырды.

Жалпы алғанда, реэкстракция кезiнде кiкiрт қышқылының концентрациясы өте жоғары болуы экстрагенттiң бұзылуына әкеледi. Осыған орай, мыс пен никельдiң реэкстракциясы iшiн тиiмдi кiкiрт қышқылының концентрациясы ретiнде 200 г/дм<sup>3</sup> қышқыл, ал темір iшiн 150 г/дм<sup>3</sup> таңдап алынды.



2-сурет. Металл иондарының қышқыл концентрациясына қарай реэкстракциялануы



Алынған нәтижелер мыс пен модификацияланған АК экстрагенті берік қосылысты тізгеніне байланысты қиын реэкстракцияланатындығын көрсетті.

*Экстрагент пен мыстың кешенді қосылысты тізу механизмін зерттеу*

Металдардың кешенді қосылысты тізу механизмін көптеген әдістермен зерттеуге болады [7]. Осы жұмыста модификацияланған АК экстрагентінің мыспен кешенді қосылысты тізу механизмі қарапайым тепе-теңдікті ығыстыру әдісімен зерттелді.

АК экстрагентінің мыспен әрекеттесуін келесі реакциямен көрсетуге болады:



Осы реакцияның, яғни экстракция көрсеткішінің тұрақтысы келесі теңдеумен көрсетіледі:

$$K_{ex} = \frac{[\text{MeAn}(o)][\text{H}^+]^n}{[\text{Me}^{n+}][\text{HA}]^n o} \quad (2)$$

Бұл әдіс бойынша белгілі бір компоненттің тепе-теңдік концентрациясы өзгерген кезде басқа компоненттің тепе-теңдік концентрациясы өзгеріске келеді, себебі  $K_{ex}$  - тепе-теңдік тұрақтысы тұрақты шама. Мұндай өзгерістің дәрежесі  $n$  санымен анықталады. Реагенттердің концентрациялары өзгерген кездегі экстракцияның тепе-теңдік тұрақтысы өзінің тұрақты мәнін сақтайтын  $n$  мәні экстракция кезіндегі тізілетін кешенді сипаттайды.

Негізінен (2)-теңдеуді логарифмдік тірге келтіріп, оған металдың таралу дәрежесін енгізген ыңғайлы. Соның нәтижесінде график тұрғызып, мәнін графиктен табу жеңіл болады:

$$\lg K_{ex} = \lg[\text{MeA}_n]_o / [\text{Me}^{n+}] - npH - n \lg [\text{HA}]_o \quad (3)$$

$[\text{MeA}_n]_o / [\text{Me}^{n+}]$  қатынасын экстракция кезінде тізілетін басқа да кешенді қосылыстарды, гидролиз өнімдерін ескермей-ақ, эксперименттік тірде анықталатын металдың органикалық және сулы фазаларда таралу коэффициентіне ( $D$ ) жатқызуға болады. Органикалық фазада тізілетін негізгі кешен ретінде  $\text{MeA}_n$  болуы тиіс. Бұл талап әрқашан орындалады және  $\lg D - pH$  экстракциялық қисығындағы тіке сызықты учаскелерге сәйкес келетін эксперименталдық мәндерді кешенді қосылыстың тізілуін зерттеу кезінде қолдануға болады.

Осылайша,  $D$  соңғы теңдеуге қойып алатынымыз:

$$\lg D = \lg K_{ex} + npH + n \lg [\text{HA}]_o \quad (4)$$

Егер (4) теңдеу бойынша  $pH$  тұрақты мәнінде реагенттің концентрациясын өзгертетін болсақ, онда  $\lg D - \lg[\text{HA}]_o$  тәуелділігі еңкіш бұрышының тангенсі  $n$ -ге тең сызықты график болып шығады.

Басқаша айтқанда келесі теңдеумен сипатталатын тізу сызықты тәуелділік теңдеуін аламыз:

$$\lg D = A + n \lg [\text{HA}]_o \quad (5)$$

мұндағы  $A$  – тұрақты.

Теңдеу бойынша экстрагенттің бастапқы емес, тепе-теңдік концентрациясы алынады. Егер металл мен экстрагенттің бастапқы концентрациялары салыстырыла алатын болса, онда тепе-теңдік концентрацияны мына теңдеу бойынша есептеуге болады:

$$[\text{HA}]_o = CA - n[\text{MeA}_n]_o \quad (6)$$

мұндағы  $CA$  – реагенттің бастапқы немесе лигандтың бос иондарының концентрациясы,  $n$  - орталық ионмен байланысқан лигандтың орташа (сольватты) саны.

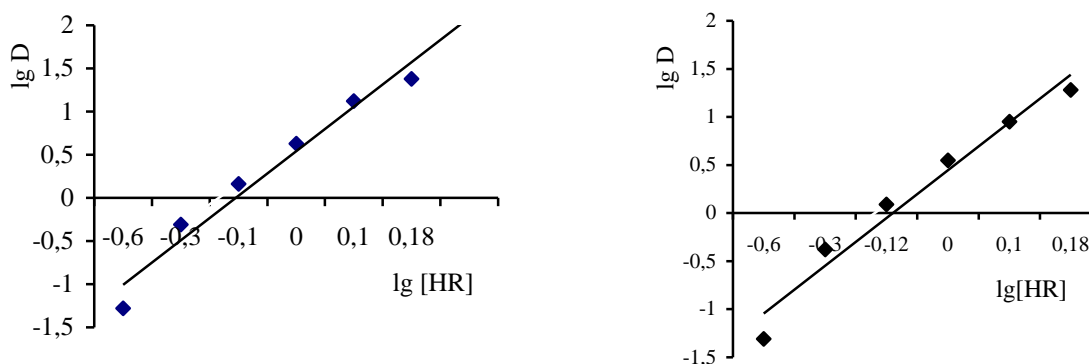
Зерттеу барысында сульфатты ерітінділерден мысты  $pH$  3,0 және 3,5 кезіндегі мыстың экстракцияланатын кешендеріндегі сольватты саны жуықша алғанда 2-ге тең болады және ол сулы фазаның құрамына тәуелді болмайды.



5-кесте. Тепе-теңдікті ығыстыру әдісімен кешені қосылысты анықтау нәтижелері

$C_{HR}$ , моль/дм <sup>3</sup>	lg[HR]	$C_{Cu \text{ раф}}$ ,	$C_{Cu \text{ орг}}$ ,	$K_{экс}$	lg $K_{экс}$	$C_{Cu \text{ раф}}$ ,	$C_{Cu \text{ орг}}$ ,	$K_{экс}$	lg $K_{экс}$
		г/дм <sup>3</sup>	г/дм <sup>3</sup>			г/дм <sup>3</sup>	г/дм <sup>3</sup>		
		рН 3,0				рН 3,5			
0,25	-0,60	0,09	2,91	0,0309	-1,51	0,15	2,85	0,0526	-1,28
0,50	-0,30	0,9	2,1	0,4291	-0,37	0,99	2,01	0,493	-0,31
0,75	-0,12	1,65	1,35	1,222	0,09	1,77	1,23	1,439	0,16
1,00	0,00	2,34	0,66	3,545	0,55	2,43	0,57	4,263	0,63
1,25	0,10	2,7	0,3	9,000	0,95	2,79	0,21	13,286	1,12
1,50	0,18	2,85	0,15	19,000	1,28	2,88	0,12	24,000	1,38

Алынған нәтижелер 3 суретте келтірілген және ол әр тірлі жағдайда жіргізілген эксперименттер барысында мыстың экстракция кезінде солватты саны тұрақты ( $n \sim 2$ )  $CuR_2$  текті кешенді қосылысының тізілгенін көрсетеді.



3-сурет. lgD - lg[HR] тәуелділігі

Сонымен ортаның рН мәнін өзгерте отырып, мыс, темір және никельқұрамды сульфатты ерітіндіден мысты селективті бөліп алуға болады.

Құрамында мыс, никель және темір иондары бар сульфатты ерітінділерден мысты модификацияланған АК экстрагентімен рН -3 мәнінде селективті бөліп алуға болады, экстракция кезіндегі тиімді параметрлер: ерітіндінің рН мәні – 3,0, экстрагенттің керосиндегі концентрациясы – 10 %, О/С қатынасы 1. Осы жағдайда мыс пен темірдің бөліну коэффициенті 1823, мыс пен никельдің бөліну дәрежесі – 3000-нан жоғары. Реэкстракция кезінде мыс үшін кікірт қышқылының тиімді концентрациясы – 200 г/дм<sup>3</sup>, ал темір мен никель үшін – 150 г/дм<sup>3</sup>. АК экстрагентімен темір мен никельге қарағанда мыс берік кешенді қосылысты ( $CuR_2$  текті) тізеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Вольдман Г.М. "Основы экстракционных и ионообменных процессов в гидрометаллургии", М. Metallurgia, 1982. С.376 .
- [2] Загайнов В.Г., Еремін Ю.П. Стратегия рационального недропользования и воспроизводства минеральных ресурсов // Горный журнал Казахстана. 2009. № 1. С. 2-6.
- [3] Michael Cox. Solvent Extraction Principles and Practice, Solvent Extraction Principles and Practice, Revised and Expanded Edited by Jan Rydberg, Michael Cox, Claude Musikas and Gregory R. Choppin CRC Press. 2004.
- [4] M. F. Bari, M. N. Begum, S. B. Jamaludin & K. Hussin Solvent extraction separation and recovery of copper, nickel and zinc from printed circuit board by Cyanex 272 Mineral Processing and Extractive Metallurgy Volume 118, 2009 - Issue 4 - Pages 227-234.
- [5] Vaishnavi Sridhar, J.K. Verma, Sanjukta A. Kumar. Selective separation of copper and nickel by solvent extraction using LIX 984N. - *Hydrometallurgy*, V. 99, (1), P. 124-126.
- [6] Rashmi Kumar, Dahyalal J. Shah, Krishna Kant Tiwari. Separation of Copper and Nickel by Solvent

Extraction Using LIX 664N. Journal of Environmental Protection, 2013, 4, 315-318.

[7] Яцимирский К.Б., Лампека Я.Д., Физико-химия комплексов металлов с макроциклическими лигандами. Киев: Наукова думка, 1985.

Мамырбаева К.К., Луганов В.А., Оразымбетова С.Д., Шакирова Д.Т., Байгенженов О.С.

**Выделение меди модифицированными экстрагентами из сульфатных растворов**

**Резюме.** В статье приведены результаты исследований по селективному извлечению меди модифицированной смесью экстрагентов Lix 860N-IC и Lix 84-I, с соотношением 1:1 из сульфатных растворов содержащих ионы железа и никеля. Установлено, что оптимальным условием селективного извлечения меди является: pH 3,0; концентрация экстрагента в разбавителе 10%, соотношение органической и водной фаз 1:1, при реэкстракции – концентрация серной кислоты - 200 г/дм<sup>3</sup>. Сквозное извлечение меди после процессов экстракции и реэкстракции составляет 89 %. При оптимальном pH раствора степень разделения меди и железа составляет 1567, меди и никеля – более 3000.

**Ключевые слова:** медь, экстракция, реэкстракция, сульфатный раствор, железо, никель.

Mamyrbayeva K.K., Luganov V.A., Orazymbetova S.D., Shakirova D.T., Baigenzhenov O.S.

**Separation of copper by modified extractants from sulfate solutions**

**Summary:** The paper presents the results of studies on the selective extraction of copper by a modified mixture of extractants Lix 860N-IC and Lix 84-I, with a ratio of 1: 1 from sulfate solutions containing iron and nickel ions. It was found that the optimal condition for selective copper recovery is: pH 3.0; concentration of the extractant in the diluent is 10%, the ratio of the organic and the aqueous phases is 1: 1, with stripping the concentration of sulfuric acid is 200 g / dm<sup>3</sup>. The throughout recovery of copper after the extraction and reextraction processes is 89%. At the optimum pH of the solution, the degree of separation of copper and iron is 1567, the degree of separation of copper and nickel is more than 3000.

**Key words:** copper, extraction, stripping, sulfate solution, iron.

УДК 544.654.2:(669.74+669.719+669.78+669.77)

**Ж.Е. Яхияева<sup>1</sup>, С.К. Килибаева<sup>1</sup>, Л.Я. Агапова<sup>1</sup>, З.С. Абишева<sup>2</sup>,  
А.Н. Алтенова<sup>1</sup>, М.Н. Квятковская<sup>1</sup>, Б.М. Сукуров<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>АО «Институт металлургии и обогащения»,

<sup>2</sup>Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И.Сатпаева,  
Алматы, Республика Казахстан,  
rm.303.imo@mail.ru)

**ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ Ni-Re-W-Mo  
ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ**

**Аннотация.** Изучены процессы электролитического осаждения сплавов на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами (Re, W, Mo) из сернокислых фторидных электролитов в условиях мембранного электролиза. Анализ осадков сплавов Ni-Re-W-Mo проводили рентгенофазовым, рентгенофлуоресцентным, электронно-микроскопическим и термогравиметрическим методами. Полученные из сернокислых фторидных растворов осадки сплава никеля с тугоплавкими редкими металлами подвергали отжигу в токе аргона при температуре 400 °С в течение 1 ч. Установлено, что термическая обработка несколько увеличивает содержание металлов в составе сплава, % (мас.): Ni от 52,14 до 62,11; Re от 2,06 до 2,82; W от 0,68 до 0,95; Mo от 2,38 до 2,82, а кислорода уменьшает от 36,57 до 24,62 % (мас.). Результаты рентгенофазового и электронно-микроскопического анализов показали сложный фазовый состав полученных сплавов. Обнаружены фазы металлического никеля, гидридов, гидроксидов, оксидов рения, молибдена, вольфрама, некоторых интерметаллидов. Эти данные подтверждаются термогравиметрическим анализом, показавшим присутствие в сплавах фаз Ni, WO<sub>3</sub>, Na<sub>2</sub>OWO<sub>3</sub>, NaHTiO<sub>3</sub>·H<sub>2</sub>O, ReO<sub>2</sub>, TiF<sub>2</sub>, TiF<sub>3</sub>, интерметаллидов Ni<sub>4</sub>Mo и Ni<sub>3</sub>Mo.

**Ключевые слова:** электролитические сплавы, никель, рений, вольфрам, молибден, электролит, фазовый состав, структура.

**Введение.** Никелевые суперсплавы находят все более широкое применение в разных областях современной авиационной и аэрокосмической промышленности [1-2]. Известные методы получения никелевых суперсплавов в основном осуществляются при высоких температурах.

Однако проводятся работы и по электроосаждению сплавов никеля с некоторыми тугоплавкими металлами из водных растворов электролитов. Например, работы по электролитическому осаждению из водных растворов двойных сплавов никеля с рением и другими тугоплавкими металлами проводятся в России, Казахстане, Китае, Израиле, Японии [3-4]. По сравнению с аналогичными литейными сплавами электролитические сплавы обладают более ярко выраженными ценными техническими характеристиками [4-5].

В большинстве случаев содержание в этих электролитических никелевых сплавах тугоплавких редких металлов (рений, вольфрам) составляет до 50 % и выше. Поскольку стоимость этих металлов (особенно рения) достаточно высокая, то и стоимость получаемых сплавов высока.

Снижение содержания тугоплавких редких металлов в составе электролитических сплавов на основе никеля в пределах содержания их в жаропрочных никелевых суперсплавах (0,5-10 %), полученных термическими методами, приведет к снижению себестоимости получения этих электролитических сплавов.

Осаждение из водных растворов электролитических сплавов на основе никеля с несколькими тугоплавкими редкими металлами (рений, вольфрам, молибден) позволит получить материалы с высокими физико-химическими и конструкционными характеристиками [5-6].

В связи с этим представляет интерес изучение процессов электролитического осаждения сплавов на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами (Re, W, Mo) и физико-химических свойств этих сплавов.

Целью настоящей работы является изучение влияния основных параметров электролиза при осаждении Ni-Re-W-Mo сплавов на их структуру, фазовый и химический состав.

**Экспериментальная часть.** Опыты по получению электролитических сплавов Ni-Re-W-Mo, проводили в термостатированной электрохимической ячейке с титановым катодом и платиновым анодом в условиях мембранного электролиза. Для исключения перемешивания продуктов катодной и анодной реакций межэлектродные пространства в ячейке были разделены катионитовой мембраной МК-40. Электроды предварительно обработаны механически (мелкой наждачной бумагой) и химически (сначала в растворе соляной кислоты (1:1), затем в растворе серной кислоты 40 г/дм<sup>3</sup>). Перемешивание осуществлялось за счет выделяющихся на электродах газов и с помощью магнитной мешалки.

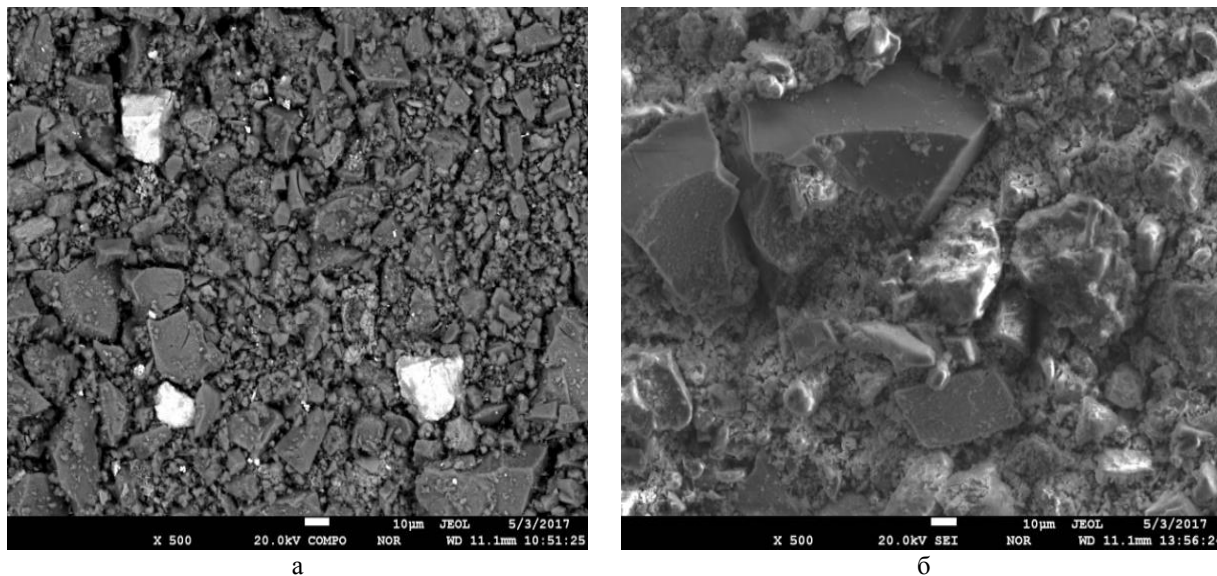
Полученные осадки промывали дистиллированной водой, высушивали при 105 °С до постоянного веса, взвешивали. Анализ осадков сплавов проводили рентгенофазовым, рентгенофлуоресцентным, электронно-микроскопическим и термогравиметрическим методами. Использовали электронный растровый микроскоп с анализатором JEOL, рентгеновский дифрактометр D8 Advance (BRUKER), излучение Cu. Полуколичественный элементный состав определяли рентгенофлуоресцентным волнодисперсионным спектрометром Axios фирмы PANalytical. Термический анализ был проведен с использованием прибора синхронного термического анализа STA 449 F3 Jupiter. Обработка результатов, полученных с помощью STA 449 F3 Jupiter, производилась посредством программного обеспечения NETZSCHProteus.

В исследованиях использовали растворы серной кислоты, сульфата никеля и аммония, перрената аммония, вольфрамовой и молибденовой кислот, фторида натрия. Квалификация кислот и солей соответствовала маркам «ХЧ» и «ЧДА». Перренат аммония соответствовал марке AP-0.

**Результаты и их обсуждение.** Ранее нами проведены исследования [7] по изучению электролитического осаждения сплавов на основе Ni с Re, W, Mo на титановом катоде в условиях мембранного электролиза из сернокислых фторидных растворов. Изучено влияние соотношения концентраций ионов металлов в электролите (1,0; 1,5; 2,0; 2,5 г/дм<sup>3</sup>), катодной плотности тока (400, 500, 600, 700 А/м<sup>2</sup>), температуры (30, 40, 50, 60 °С) и скорости протока электролита (20, 40, 60, 80 объем/мин) в катодной камере электролизера. Установлено, что температура и скорость протока электролита не оказывают заметного влияния на значение выхода по току. Самое большое значение выхода по току никеля в сплаве отмечено при катодной плотности тока - 600 А/м<sup>2</sup> и составляет 30 %.

Исходя из данных в работе [7] выбраны оптимальные условия для осаждения сплава Ni-Re-W-Mo на титановом катоде в условиях мембранного электролиза из сернокислых фторидных растворов состава, г/дм<sup>3</sup>: 40 - H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 10 - NaF; 20 - Ni; 2 - Re, W, Mo, при катодной плотности тока 600 А/м<sup>2</sup>, температуре 50 °С, продолжительности 4 ч. Полученные в этих условиях катодные осадки подвергали термическому отжигу в токе инертного газа аргона в трубчатой печи при температуре 400 °С в течение 1 ч.

Микроструктура сплавов на основе никеля с тугоплавкими металлами до отжига и после отжига представлена на рисунке 1.



**Рис. 1.** Микроструктура сплавов на основе никеля с рением, вольфрамом и молибденом, осажденных из сернокислых фторидных электролитов, до отжига (а) и после отжига (б)

После отжига наблюдалась убыль массы образцов сплавов с 13,42 до 9,95 г, а также изменение цвета осадка от темно-серого с зеленым оттенком до коричневого. По результатам электронной микроскопии выявлено, что основу сплава составляет никель. Обнаружены светлые частицы, являющиеся тяжелыми фракциями металла (рисунок 1). Установлено, что этим металлом является вольфрам.

Результаты рентгенофазового анализа сплавов без отжига и с отжигом показали, что сплавы имеют сложный фазовый состав: металлический никель, триоксид вольфрама, в меньшей степени сульфиды никель-молибдена, гидроксиды молибдена, оксиды рения и титана.

Химический состав осажденных катодных осадков без отжига и с отжигом по данным рентгенофлуоресцентного анализа представлен в таблице 1.

По результатам рентгенофлуоресцентного анализа осадков сплавов установлено, что термическая обработка несколько увеличивает содержание тугоплавких редких металлов в сплаве с уменьшением кислорода в нем. Кроме того, в катодный осадок из материала катода переходит титан.

**Таблица 1. Результаты рентгенофлуоресцентного анализа осадков сплавов**

Элементы	Содержание, % (мас.)		Элементы	Содержание, % (мас.)	
	Без отжига	С отжигом		Без отжига	С отжигом
Ni	52,14	62,11	Al	0,02	0,02
Re	2,06	2,47	Si	0,23	0,24
W	0,68	0,95	S	0,89	0,99
Mo	2,38	2,82	Na	1,35	0,42
O	36,57	24,62	Co	0,16	0,20
Ti	3,21	3,93	Ca	0,05	0,06
F	0,21	0,13	Mg	0,02	0,02

Осадки сплавов без отжига и с отжигом исследовали термогравиметрическим методом анализа, в котором нагрев осуществлялся до температур 1550 °С со скоростью 16 °С/мин в атмосфере высокоочищенного аргона. На рисунке 2 (а, б) представлены термогравитограммы исследуемых образцов осадков сплавов без отжига и с отжигом, соответственно.

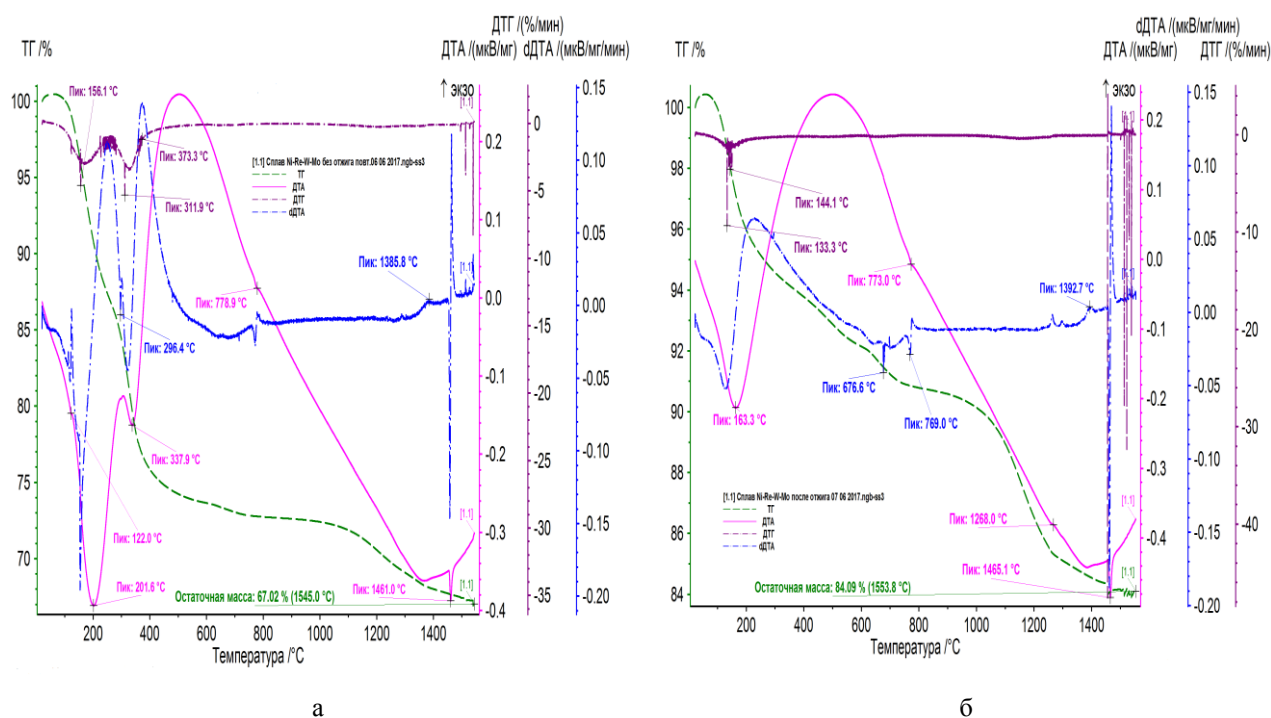


Рис. 2. Термогравитограмма осадков сплава на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами без отжига (а) и с отжигом (б)

На кривой ДТА (рис. 2, а) на температурном отрезке 100–400 °С проявились эндотермические эффекты высокой интенсивности с максимальным развитием при 201,6 °С, 337,9 °С. В области их развития масса навески заметно снижается (кривая ТГ довольно круто идет вниз), а на кривой ДТГ проявились многочисленные минимумы. Вполне вероятно, что рассматриваемые эффекты связаны с процессами дегидратации. Первый эффект может быть связан с дегидратацией гидрата оксида титана или/и аморфизованного гидротитаната натрия –  $\text{NaHTiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ . Второй - отражает дегидратацию гидроксида никеля. Также в этой области температур может выделяться водород из гидридов никеля. Помимо вышеназванных эффектов, на кривой dDTA зафиксированы дополнительные, слабые эндотермические эффекты на начальной стадии нагрева с экстремумами при 110 °С, 121,9 °С, 149 °С, 296,4 °С. Хотя все они проявились на фоне снижения массы навески, в наложение, в этих областях могут быть отражены и процессы, не сопровождающиеся ее изменением. Например, процессы, предположительно, связанные с проявлением плавления примесей  $\text{WF}_5$ ,  $\text{ReO}_3$ ,  $\text{ReF}_5$ ,  $\text{Re}_2\text{O}_7$ .

На кривой ДТА (рис. 2, а) можно отметить два оставшихся эндотермических эффекта с экстремумами при 778,9 °С и при 1461 °С. Первый эффект, предположительно, связан с плавлением какого-либо оксида молибдена. Второй - отражает плавление никеля. Эффект несколько сдвинут в сторону повышенных температур, возможно из-за влияния других компонентов пробы.

После приблизительно 1000 °С масса навески снова начинает снижаться, но не так интенсивно, как на первом этапе нагрева. Предположительно, здесь имеет место возгонка оксидов молибдена, в частности,  $\text{MoO}_3$ , а также удаление водорода из гидридов титана. В ходе нагрева пробы до 1550 °С полного ее расплавления не произошло. В соответствии с выводами работы [8] можно предположить выделение интерметаллидных фаз –  $\text{Ni}_4\text{Mo}$  и  $\text{Ni}_3\text{Mo}$ .

На термической кривой ДТА, полученной в ходе охлаждения пробы проявился интенсивный экзотермический пик при 1178,7 °С. Также на кривой dDTA проявились слабые экзотермические эффекты с пиками при 1486 °С, 1470,6 °С, 1191,7 °С. Можно предположить, что в данной пробе все же образовался сплав Ni-Re с содержанием рения меньше 1%. Наиболее интенсивный экзотермический пик при 1178,7 °С на кривой ДТА может быть проявлением кристаллизации сложного многофазного сплава, компонентами которого могут быть Ni-Re-Mo-W-Ti-Na-S-O. Экзотермический эффект с пиком при 1191,7 °С может отражать кристаллизацию  $\text{ReO}_2$ .

На кривой ДТА (рис.2, б) пробы осадка сплава после отжига проявился эндотермический эффект с экстремумом при 163,3 °С, сопровождающийся снижением массы навески. Здесь идет процесс удаления адсорбированной влаги. Далее зафиксирован слабый эндотермический эффект с

максимальным развитием при 773 °С. Как и в предыдущей пробе этот эффект вероятно связан с плавлением какого-либо оксида молибдена. Затем следует слабый экзотермический эффект с пиком при 1268 °С. Возможно, это отражение появления оксидной пленки на отдельных частицах никеля. Последний эндотермический эффект с экстремумом при 1465,1 °С отражает плавление никеля с примесями. Полного плавления пробы не произошло. На кривой dDTA зафиксированы дополнительные, слабые эндотермические и экзотермические эффекты. Можно отметить эндотермический эффект с экстремумом при 676,6 °С и экзотермический эффект с пиком при 1392,7 °С. Первый также можно отнести к проявлению оксидов молибдена, а второй – к частичному окислению никеля.

На всем протяжении нагрева масса навески перманентно снижается. Как и в предыдущей пробе, это вызвано дегидратацией и, предположительно, возгонкой оксидов молибдена, удалением водорода из гидридов никеля и титана [8-10].

**Выводы.** Проведено электролитическое осаждение сплавов на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами из сернокислых фторидных электролитов и их термическая обработка в токе аргона. По данным рентгенофлуоресцентного анализа полученные осадки сплава содержат, % (мас.): 52,14 Ni; 2,06 Re; 0,68 W; 2,38 Mo; 36,57 O. После термической обработки осадков сплавов содержание никеля и тугоплавких редких металлов в сплаве несколько увеличивается, а кислорода уменьшается, % (мас.): 62,11 Ni; 2,47 Re; 0,95 W; 2,82 Mo; 24,62 O.

Установлено по результатам рентгенофазового анализа, что полученные электролитические сплавы имеют сложный фазовый состав: металлический никель, триоксид вольфрама, в меньшей степени сульфиды никель-молибдена, гидроксиды молибдена, оксиды рения и титана.

Результаты термогравиметрического анализа осадков сплавов свидетельствуют о присутствии фаз гидрата оксида титана или/и аморфизованного гидротитаната натрия  $\text{NaHTiO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ , оксида молибдена,  $\text{Ni}_4\text{Mo}$ ,  $\text{Ni}_3\text{Mo}$ ,  $\text{WO}_3$ ,  $\text{TiF}_2$ ,  $\text{TiF}_3$ ,  $\text{Na}_2\text{OWO}_3$ ,  $\text{ReO}_2$ . Можно предположить образование в осадках фазы сплава Ni-Re с содержанием рения меньше 1 % (мас.). Также отмечена возможность кристаллизации сложного многофазного сплава, компонентами которого могут быть Ni-Re-Mo-W-Ti-Na-S-O.

#### ЛИТЕРАТУРА

- [1] Каблов Е. Н., Толораия В. Н., Орехов Н. Г. Монокристаллические никелевые ренийсодержащие сплавы для турбинных лопаток ГТД // *Металловедение и термическая обработка металлов*. 2002. № 7, С. 7-11.
- [2] Каблов Е.Н., Петрушин Н.В., Светлов И.Л., Демонис И.М. Литейные жаропрочные никелевые сплавы для перспективных авиационных ГТД // *Технология легких сплавов*. 2007. № 2, С. 6-16.
- [3] Гамбург Ю.Д. Гальванические покрытия. Справочник по применению. М.: Техносфера, 2006. 216 с.
- [4] Поветкин В.В., Ковенский И.М., Устиновщиков Ю.И. Структура и свойства электролитических сплавов. М., 1992. 255 с.
- [5] Cesiulis N., Podlaha-Murphy E. J. Electrolyte considerations of electrodeposited Ni-W alloys for microdevice fabrication // *Mater. sci.* 2003. 9, № 4, P. 329-333, 448.
- [6] Кукушкина К.В., Ярлыков М.М., Кудрявцев В.Н., Палатова С.В., Ануфриев Н.Г. О стабилизации процесса сплава Ni-W // *Гальванотехника и обработка поверхности*. 2003. №1, С. 25-32.
- [7] Яхияева Ж.Е., Агапова Л.Я., Килибаева С.К., Алтенова А.Н. Осаждение из водных растворов электролитических сплавов на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами // *Труды международных Сатпаевских чтений «Научное наследие Шахмардана Есенова» КазНИТУ, Алматы, 2017. С. 599-602.*
- [8] А.П. Акшенцева «Структура и свойства никельмолибденовых коррозионностойких сплавов». Справочник, «СП ИНТЕРМЕТ ИНЖИНИРИНГ» Москва, 1999. 204 с.
- [9] «Диаграммы состояния двойных металлических систем» Справочник, под общей редакцией акад. РАН Н. П. Лякишева. Т.3 «МАШИНОСТРОЕНИЕ», Москва, 1996. 498 с.
- [10] Е.М.Савицкий, М.А. Тылкина. «Сплавы рения», «НАУКА» Москва, 1965.

Яхияева Ж.Е., Килибаева С.К., Агапова Л.Я., Әбішева З.С.,  
Алтенова А.Н., Квятковская М.Н., Сукуров Б.М.

#### Сулы ерітінді электролиттерінде Ni-Re-W-Mo қорытпасын электролиздік тұндыру

**Түйіндемe.** Тоқ тығыздығы 600 А/м<sup>2</sup> және температурсы 50 °С жағдайында күкірт қышқылды фторлы электролиттен қиын балқитын сирек металдары бар никель негізіндегі қорытпаны электролиздік тұндыру кезінде, құрамы келесідей % (мас.): 52,14 Ni; 2,06 Re; 0,68 W; 2,38 Mo; 36,57 O. қорытпа алынады. Қорытпа тұнбаларын 1 сағат шамасында температурсы 400 °С аргон ағымында термиялық өңдеу, қорытпа құрамындағы никель мен қиынбалқитын сирек металдар мөлшерін біршама жоғарлатады, ал оттегі азаяды. Рентгендік фазалық сараптама нәтижесі бойынша қорытпа күрделі фазалық құрамға ие: металдық никель, рений, молибден

және вольфрам гидридтері, гидроксидтері, оксидтері және кейбір интерметаллидтер. Бұл нәтижелер термогравиметриялық сараптамамен дәлелденді.

**Түйін сөздер:** электролиттік корытпалар, никель, рений, вольфрам, молибден, электролит, фазалық құрамы, құрылымы.

Яхияева Ж.Е., Килибаева С.К., Агапова Л.Я., Абишева З.С.,  
Алтенова А.Н., Квятковская М.Н., Сукуров Б.М.

#### **Электролитическое осаждение сплавов Ni-Re-W-Mo из водных растворов электролитов**

**Түйіндеме.** При электролитическом осаждении сплавов на основе никеля с тугоплавкими редкими металлами из сернокислых фторидных электролитов при плотности тока 600 А/м<sup>2</sup> и температуре 50 °С получаются осадки сплава с содержанием, % (мас.): 52,14 Ni; 2,06 Re; 0,68 W; 2,38 Mo; 36,57 O. Термическая обработка осадков сплавов в токе аргона при температуре 400 °С в течение 1 ч, несколько увеличивает содержание никеля и тугоплавких редких металлов в сплаве, а кислорода уменьшает. По данным рентгенофазового анализа сплавы имеют сложный фазовый состав: металлический никель, гидриды, гидроксиды, оксиды рения, молибдена, вольфрама, некоторые интерметаллиды. Эти данные подтверждаются термогравиметрическим методом анализом.

**Ключевые слова:** электролитические сплавы, никель, рений, вольфрам, молибден, электролит, фазовый состав, структура.

УДК 631.171, 631.674

**А.Р. Кунгуров, Ә.Е. Үмбетова**  
(Казахский национальный аграрный университет  
Алматы, Республика Казахстан)

#### **РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СОВМЕЩЁННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ, АЭРОЗОЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ФЕРТИГАЦИИ**

**Аннотация:** В современном тепличном хозяйстве процессы водоподготовки, орошения и подачи питательного раствора выполнены отдельно, что способствует неэффективному использованию водных, и питательных ресурсов. В работе представлены анализ различных способов орошения на основе, которой предложена рациональная схема совмещающая процессы магничивания воды, аэрозольного орошения и фертигации в одном модуле. Установлено, что магнитная обработка воды для полива позволяет получить наиболее высокий урожай томатов и повысить устойчивость томатов воздействию низких температур.

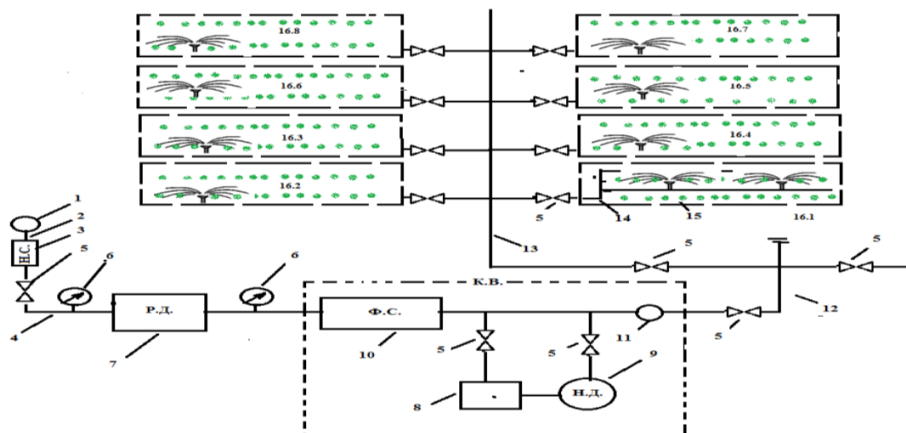
**Ключевые слова:** аэрозольное орошение, фертигация, модуль, теплица.

Актуальность. Обеспечить население всех регионов Казахстана, полноценными продуктами питания возможно лишь при интенсивном ведении сельского хозяйства на индустриальной основе. Учитывая, что большая часть территории Казахстана находится в малоблагоприятных почвенно-климатических условиях для высокоэффективного сельскохозяйственного производства, круглогодичное обеспечение населения свежей продукцией решается в основном интенсификацией работы тепличных комбинатов. Ведущими овощными культурами в сооружениях закрытого грунта являются огурцы и томаты, занимающие основные площади теплиц в зимне-весеннем обороте.

На сегодняшний день самым распространённым является капельное орошение. Комплекс водозабора и подачи оросительной воды в систему аэрозольного орошения выполняется по типизированной схеме (рис.1). В качестве источника воды для полива сельскохозяйственных культур может быть использованы водоподводящие сооружения центральной оросительной сети, естественные открытые водоемы, искусственные открытые водоемы, подземные воды. Качество воды из источника должно соответствовать требованиям, предъявляемым к поливной воде. Оборудование комплекса водозабора и подачи оросительной воды в систему капельного орошения komponуется в зависимости от типа водоисточника и включает объективно-ситуационные конструкции водозаборных сооружений, насос, регулятор давления и контрольно-измерительную арматуру. Насос системы капельного орошения может иметь электрический или механический привод и обеспечивает на выходе заданный рабочий напор. Для поддержания постоянного напора на выходе из рассматриваемого узла систему целесообразно комплектовать автоматизированными регуляторами давления, с мембранной конструкцией компенсации перепадов напора. Для организации визуального

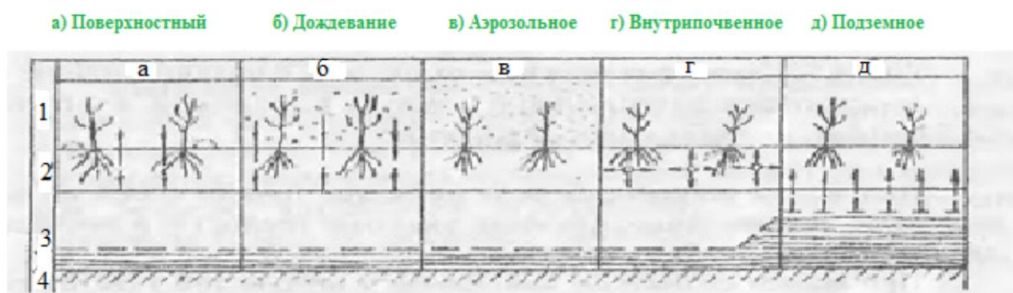


или автоматизированного контроля работы комплекса водозабора и подачи оросительной воды устанавливается датчик давления. Конструктивные узлы комплекса водоподготовки целесообразно размещать на единой площадке, включая: фильтрующую станцию, узел подготовки и подачи питательной смеси, контрольно-измерительную и запорную арматуру.



1 - водоисточник; 2 - всасывающая линия; 3 - насосная станция; 4 – напорная линия; 5 - запорный вентиль; 6 - манометр; 7 - регулятор давления; 8 – емкости для приготовления питательного раствора; 9 - насос-дозатор; 10 - фильтростанция; 11 - счетчик-водомер; 12 - магистральный трубопровод, 13 - распределитель 1-го порядка, 14 - распределитель последнего порядка, 15 - поливной трубопровод с распылительными насадками; 16.1-16.8 - поливные модули системы аэрозольного орошения с магнитными насадками

**Рис.1.** Предлагаемая схема совмещённых процессов водоподготовки, аэрозольного орошения и фертигации



1-приземный слой воздуха; 2-корнеобитаемый слой почвы; 3-уровень грунтовых вод; 4-водоупор

**Рис.2.** Классификация способов орошения

Дождевальное орошение бывает двух видов: надпочвенное орошение с подземной закладкой труб и воздушное микроорошение (рис.2), при котором оросительные трубы крепятся сверху под несущими конструкциями теплицы – балками, колоннами и так далее. Плюсом воздушного орошения является простота монтажа и последующей эксплуатации системы.









В проложенных поверху трубах через равные промежутки вмонтированы специальные распылительные насадки. Вода в такую систему подается под напором и, проходя через узкое устье насадок, превращается в мелкие капельки. Отсюда название микроорошения или туманизация.

В настоящее время мелкодисперсному увлажнению уделяется большое внимание. При этом способе орошения сельскохозяйственных культур значительно снижается норма полива, поскольку отсутствуют поверхностный сток и глубинная фильтрация, сохраняются структура и физические свойства почвы, создаются благоприятные условия для жизнедеятельности растений [1, 2]. При применении аэрозольного орошения мельчайшие капли воды, полученные с помощью мелкодисперсных насадок, увлажняют приземный слой воздуха, наземную часть растений и частично поверхность почвы. При этом, в результате испарения мелко диспергированной воды, происходит охлаждение растений, а увлажненный воздух, имеющий повышенную плотность, образует ограждающий слой между растениями и верхними слоями сухого воздуха.

Сравнение свойств воды, полученной различными методами, осуществляли следующим способом:

- исследовали влияние поливов различными водами на всхожесть, рост и развитие овощных культур;
  - исследовали влияние поливов и подкормок растворами минеральных удобрений, приготовленных на активированных водах, на рост и развитие растений;
  - исследовали влияние низких температур на томаты.
- Испытания проводились на следующих видах вод:
- дистиллированная вода (ДСВ);
  - водопроводная вода (ВВ);
  - магнитная вода, активированная в поле постоянного магнита (МВ);
  - дождевая вода (ДВ).

Таблица 1. Результаты наблюдений за томатом

Дистиллированная	Водопроводная	Магнитная	Дождевая
			
			

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы:

- дистиллированная вода из-за отсутствия минеральных веществ, не стоит употреблять для полива т.к. листья мелкие, а томаты некрупные;
- при применении водопроводной воды томаты прорастают медленнее, чем при обработке активированной водой;
- при поливе дождевой и магнитной водой результаты схожи, листья и томаты крупные и соответственно урожай высокий.

По этому использование магнитной или дождевой воды на сегодняшний день актуально, и способствует получению высокого урожая томатов.

Томат отличается растянутым периодом потребления элементов питания. В первые 3 недели после высадки рассады потребление элементов питания растениями небольшое, в дальнейшем по мере их роста и развития вынос питательных веществ значительно возрастает, достигая максимума во время массового плодообразования. В начальный период развития растениям необходима хорошая обеспеченность фосфором, что обуславливает высокую продуктивность и раннее образование плодов. Поэтому при приготовлении рассадных горшочков в компост добавляют 10-12 кг/м<sup>3</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> в виде суперфосфата, суперфоса или аммофоса. При механизированной высадке рассады в лунки вносят 15 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> суперфосфата или суперфоса, а безрассадном выращивании — 10-12 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> вносят в рядки во время посева. В период интенсивного нарастания вегетативной массы и плодоношения существенно возрастает потребность растений в азоте и калии. Система удобрения томатов складывается из основного (допосевого) удобрения, внесение небольших доз удобрений

при посеве или посадке и подкормки. Наибольшее влияние на урожайность и качество томатов во всех областях Казахстана оказывают азотные удобрения, поэтому их рациональному применению уделяют особое внимание. Поскольку для формирования ассимиляционного аппарата в начале вегетации томату требуется усиленное азотное питание растений, то для удовлетворения потребности в нем растений перед посевом (высадкой рассады) вносят 60-80 кг/га азота. Для формирования плодов и дальнейшего развития растений необходима подкормка азотом в дозе 40-60 кг/га в период, когда первые плоды достигнут размера 2-4 см. При этом важно учитывать, что обильное одностороннее азотное питание способствует чрезмерному росту надземной вегетативной массы (жированию побегов), удлиняет период вегетации, задерживает образование плодов, снижают дружность их созревания. При приготовлении питательных растворов минеральных удобрений для полива овощей за основу берется результат анализа используемой воды [3].

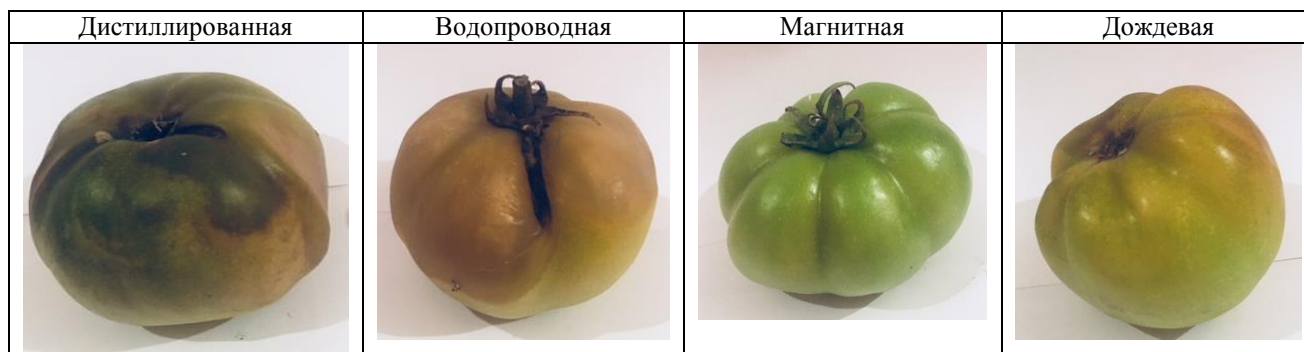
Питательные растворы приготавливаются согласно запрограммированному питанию растений из комплексных удобрений и микроэлементов в формах, доступных для усвоения растениями. Нами использован фертигация т.е. способ удобрения растений посредством подачи растворенных минеральных веществ совместно с поливной водой. Она позволяет поддерживать в почве необходимый уровень концентрации элементов питания на почвах с низкой поглощательной способностью, бедных питательными веществами. Фертигация экономит затраты труда и энергии на внесение удобрений в сравнении с традиционными методами. В отличие от обычной ирригации с использованием больших доз полива, позволяет не только эффективно использовать удобрения, но и предотвращать загрязнение грунтовых вод, не создает условий вторичного засоления.

**Таблица 2. Степень роста томатов на растворе азотно–форсфорно–калийного удобрения, приготовленного на разных водах**

Повторность опыта	Тип воды для раствора удобрений			
	ДСВ	ВВ	МВ	ДВ
1	4,2	6,1	21,5	18,7
2	25,3	49,8	41,6	37,5
3	37,5	63,2	46,8	43,8
4	19,0	10,0	54,2	49,5
Среднее по 4–м повторностям	21,5	32,2	41,0	37,3
% по отношению к ВВ	67,0	100,0	127,0	116,0

По данным таблицы 2 видно, что степень роста томатов при использовании растворителя азотно–форсфорно–калийного удобрения ДВ на 16%, а при МВ на 27% выше по отношению к ВВ, а при использовании ДСВ ниже соответственно на 33%.

**Таблица 3. Результаты воздействия низких температур на томаты**



Заморозки от минус 1 уже губительны для помидоров. Самые устойчивые к морозам сорта выдерживают минус 3/минус 4. Но это только в том случае, если погода безветренная и заморозки длились непродолжительное время.

Кратковременное похолодание (снижение температуры) особого вреда томатам не принесёт.

А длительные дни с низкой температурой приводят к следующему:

При температуре + 15 - томаты расти прекращают и не цветут, но зелёные помидоры будут зреть.

При температуре + 10 томаты не цветут, рост плодов прекращается и зелёные помидоры перестают зреть.

При температуре +5 циркуляция соков по растению полностью прекращается.

При температуре 0 градусов (длительное время) томаты гибнут.

В таблице 3 приведены влияния низких температур +3...+5°C на томаты, результаты показывают наиболее устойчивыми являются томаты, в которых полив осуществлен магнитной водой, по сравнению с ДСВ, ВВ, ДВ.

В результате проведенных исследований выявлено, что использование магнитной воды (МВ) способствует росту и развитию растений зеленных культур, повышается степень роста томата (МВ по отношению к ВВ) и морозоустойчивость томата. Несмотря на то, что для осуществления совмещения процессов водоподготовки, аэрозольного орошения и фертигации требуются затраты электроэнергии и дополнительное оборудование (блок питания, система контроля и управления), они окупаются в короткий срок за счет экономии удобрений и увеличения урожайности томатов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1] Александров, А. Д. Мелкодисперсное увлажнение сельскохозяйственных культур: сб. статей советских специалистов на IX МКИДМ / А. Д. Александров. – М., 1973.

[2] Баширов, Н. Б. Аэрозольное орошение сельскохозяйственных культур на крутых склонах. Обзорная информация. Серия сельское хозяйство / Н. Б. Баширов, Ф. А. Ахмедов. – Баку: АНИИИТИ, 1990.

[3] Долгополова Н.В. Оптимизация минерального питания томата в рассадном отделении защищенного грунта в условиях Центрального Черноземья: отчет о научно-исследовательской работе. – Белгород, 2015. – 99 с.

Кунгуров А.Р., Умбетова Ә.Е.

**Рациональная схема совмещённых процессов водоподготовки, аэрозольного орошения и фертигации.**

**Резюме.** В современном тепличном хозяйстве процессы водоподготовки, орошения и подачи питательного раствора выполнены отдельно, что способствует неэффективному использованию водных, и питательных ресурсов. В работе представлены анализ различных способов орошения на основе, которой предложена рациональная схема совмещающая процессы магничивания воды, аэрозольного орошения и фертигации в одном модуле. Установлено, что магнитная обработка воды для полива позволяет получить наиболее высокий урожай томатов и повысить устойчивость томатов воздействию низких температур.

**Ключевые слова:** аэрозольное орошение, фертигация, модуль, теплица..

Kungurov A.R., Umbetova A.E.

**The rational scheme of the combined processes of water treatment, an aerosol irrigation and fertigation.**

**Summary.** In modern hothouse economy processes of water treatment, an irrigation and supply of nutritious solution are executed separately that promotes inefficient use of water, and nutritious resources. In work are submitted the analysis of various ways of an irrigation on a basis to which the rational scheme combining processes of a magnichivaniye of water, an aerosol irrigation and a fertigation in one module is offered. It is established that magnetic processing of water for watering allows to receive the most big crop of tomatoes and to increase stability of tomatoes to influence of low temperatures.

**Keywords:** aerosol irrigation, fertigation, module, greenhouse.

(М.Х.Дулати атындағы Тараз мемлекеттік университеті,  
Тараз, Қазақстан Республикасы, adeubai@mail.ru)

## ТОПЫРАҚТЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ СУҒАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ИНТЕГРАЛДЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ

**Андатпа.** Мақалада Жамбыл облысындағы жартылай шөлейтті сұрғылтты-шалғынды топырақтардың су-тұз және жылу құбылымдарының реттелуі анықталып, суғармалы тұзданған жерлердің гидрохимиялық интегралды көрсеткіштері қарастырылады.

**Түйінді сөздер:** гидрохимиялық құбылым, жартылай шөлейтті аймақ, Топырақты шаю, суғармалы жерлер, топырақтың су-тұз құбылымын реттеу.

Табиғатты түсіну, ол туралы дұрыс шешімге келу-адамзат өмірінің ізгілікті істерінің ең алғы бағыты деп қарастыру керек. Олай дейтініміз, адамзат өмір тіршілігінде жақсы дүниелерді көру ғана емес, оған иеленіп, оның игілікті пайдалысын өзіне сіңіре білуді мақсат етеді. Олай болса, кез келген жұмыстың оңтайлы, яғни тиімді жақтарын тереңірек, жүйелі тұрғыда қарастырғанды жөн деп білеміз. Әсіресе, біз тіршілік етіп отырған табиғатты жақсарту – тіршілік етудің ең басты мақсаты. Табиғат құбылыстарын жақсы сезігіңіз келсе, табиғатпен болыңыз, оның ауасын, суын, жарығын, жылуын және қорегіне көңіл бөліңіз. Сонда ғана, өмірге деген қабілетіңіз күн сайын артып отырады. Бізді қоршап тұрған биосфераның айналасын толық сезініп, түсінбейінше, дұрыс та, тамаша өмір сүру мүмкін емес! Олай болса, жақсы өмірдің шұрайлы да, құнарлы дәмі-табиғатты аялау, оның тазалығын сақтау, қажетті талаптарын орындап үнемі жақсартып отыруымыз абзал. Сонда ғана, мәңгі емес, қысқа өмірдің қызықты да, ізгілікті жемістерін көруге мүмкіндік болады, сол үшін, бір сантиметр жер үшін аянбай күресудің жолы – оны танып білу, бүгінгі тіршілік пен болашақтың ізгілікті де, ең дұрыс шешімді жолы деп, ойланып, шешімі өнім беретін дәлелді көрсеткіштермен шұғылдандсақ – студент, магистрант, докторанттар үшін алға қойған мақсатты жұмысқа айналуы шарт.

Өнім алу үшін, ең алдымен топырақты құнарландыру қажет. Ол үшін ауыл шаруашылығына қажетті, егіс алқаптарының ауысуы ғылыми тұрғыда негізделіп, ауа райы мен топырақтың агрономиялық-экологиялық жағдайларына сай келетін, осы өңірге аудандастырылған дақылдар болуы керек. Ендеше, бұл дақылдарға сәйкес келетін топырақтың сулы-тұз, ауа, жарығы мен жылуы, онымен қатар өнім беретін қорегі де жеткілікті болғаны дұрыс. Мінеки, осындай егіншілік шаруашылығына қажетті ықпалдарың, өсімдік тамыры жайылған есептеу қабатында жеткілікті болғаны шаруашылық үшін қажет [1-3].

Суғармалы жерлердің ластану үрдістері күн санап ұлғайып келеді. Оның себебі, егіс алқаптарындағы дақылдар ғылыми тұрғыда негізделмеген, топырақтың бонитеттік балы өте төмен (20-30% дан) аспайды, ал тұзданған жерлер көлемі Қазақстан Республикасындағы суғармалы жерлердің 40-50% құрайды. Жер асты сулары өте жақын орналасқан (2-3 м), керізді – коллекторлы желілер жоқтың қасы, болса да істен шыққан. Бұл гидротехникалық жұмыстарды орнына келтіру үшін өте үлкен қаржы керек. Биологиялық керіздеу әдістерін қолдануға шаруашылықтың шамасы жоқ. Сонымен, табиғат, күннен күнге бүлініп, оны қайта қалпына келтіру – жақсарту жұмыстары күтіп тұр. Әсіресе, тұзданған топырақтың сулы – тұзды құбылымын белгілі бір мерзім аралығында қалпына келтірудің мелиоративтік-экологиялық әдістемелік есептеу шараларын жасау қажеттілігі туындайды. Бұл үшін зерттеу аймағының ауа-райы, топырағының мелиоративтік, экологиялық және агрономиялық қалыптасу жағдайлары ауадай қажет. Аталған экологиялық – мелиоративтік шараларға байланысты нақты зерттелген көрсеткіштері – агротехникалық жағдайларға сәйкес келуі шарт [4-7].

Ұсынылған шаралардың көптеген жағдайлары – зертханалық, далалық (монологтік) зерттеулермен негізделеді. Зерттеу нысанына байланысты, ондағы топырақтың сулы-физикалық қасиеттері, топырақтың тұздану дәрежелері мен оның химиялық құрамы арқылы негізделіп, физикалық – математикалық есептеу формулалары арқылы анықталады. Формулалар физикалық заңдылықтар мен экологиялық-мелиоративтік шаралардың тиімді жақтарын көрсетуге арналған. Олай деуге дәлел, тұзданған топырақтың сулы-тұзды құбылымын егіншілік шаруашылығында белгілі бір – нақты жылдан кейін қалпына келтіруге болады, деген ғылыми тұрғыда негізделген есептеулер (1-кестеде) жүргізіледі [7-10].

1-кесте. Топырақтың климаттық жағдайларына байланысты суғармалы жерлердің интегралдық көрсеткіштері

Көрсеткіштер	Тасөткел алқабы					Формулалар, сілтемелер
	2010	2011	2012	2013	2014	
Ауданы, $\omega_{нт}$ , га	300	400	450	500	600	Жоба бойынша
Суландыру мөлшері, $M_{нт}(95\%)$ , м <sup>3</sup> /га	7500	7300	7000	6900	6500	Ұсыныс [1]
Кеуектілік, $n$ , %	52	50	49	48	50	$n=(1-\gamma/d).100$
Суды пайдалану көлемі, $E$ , м <sup>3</sup> /га	8100	8300	8250	8400	8300	$E= E_0.K_0.K_6$
Ыза суның тереңдігі, $h$ , м	3,2	3.0	2.8	2.7	2.6	Тәжірибе
Ыза суы-н минералдылы, $C_{ыс}$ , г/л	4	3	2,5	2,4	2	Тәжірибе
Суғару дағы минералдылы, $C_c$ , г/л	1.1	1.0	0.9	0.8	0.8	Тәжірибе
Топырақтың тығыздығы, $\gamma$ , т/м <sup>3</sup>	1.47	1.45	1.43	1.40	1.43	Тәжірибе
Ыза суы деңгейіндегі судың көлемі, $W_{ыс}$ , м <sup>3</sup> /га	16640	15000	13720	12960	13000	$W_{ыс}=10^4.n.ныс$
Ыза суындағы тұз, $S_{ыс}$ , кг/га	66560	45000	34300	31104	26000	$S_{ыс}=W_{ыс}.C_{ыс}$
Бастапқы тұздану, $S_6$ , т/га	118	102	114	168	157	$S_6=100.\gamma.h.S_0$
Суғарудан кейінгі қалдық тұз, $S_k$ , т/га	53	49	52	68	66	$S_k= S_6-S_{ш}$
Суғарудан кейін, $\alpha$	2.14	2.28	2.06	1.77	1.71	$\alpha=N_{нт}/IgS_6/S_k$
Топырақтағы мүмкін минералдылық, $C_m$ , г/л	4.12	3.41	3.59	4.08	3.9	$C_m= S_k+S_{ыс}/W_{ыс}+M_{нт}$
Өтімді кеуектілік, $n_0$	44	43	42	41	42	$n_0= n-(\beta_{ты}+\beta_{ка})$
Тиймді кеуектілік, $n_t$	68	66	64	65	65	$n_t= n_0+(1-n_0).C_k.\gamma/C_c.4.2$
<b>Топырақты монолттік шаю үрдісі кезінде</b>						
Шаю мөлшері, $N_{нт}$ , м <sup>3</sup> /га	9000	8000	7000	6000	5000	Есептеу
Шаю мөлшері, $N_{бр}$ , м <sup>3</sup> /га	10350	9200	8050	6900	5750	Есептеу $N_{бр}= N_{нт}.\eta$
Жауын, $A$ , м <sup>3</sup> /га	3486	3423	2000	3274	3285	Метеобекет (Төлеби, Жамбыл)
Ауа темпер. $t$ , °C	4377	4381	4624	4483	4006	Метеобекет (Төлеби, Жамбыл)
Салыс.ылғал. $a$ , %	63	52	57	59	60	Метеобекет (Төлеби, Жамбыл)
Буланғыштық, $E_0$ , м <sup>3</sup> /га	1350	1200	1050	900	750	$E_0=0.0018(25+t)^2(100-a)$
Канал суы, $Q$ , м <sup>3</sup> /с	0.15	0.20	0.225	0.25	0.30	Тәжірибе[4-7]
Қаныққан су, $N_k$ , м <sup>3</sup> /га	3234	3335	2860	3360	2574	$N_k=100.\gamma.h\beta_{ты}c$
Шаю ұзақтығы, $t$ , тәу	260	231	203	174	145	$t=\omega.N_{нт}/86400.Q.\eta$
Есептеу қабат.ылғал өзгерісі, $\Delta W$ , м <sup>3</sup> /га	6266	5667	4700	4359	3821	$\Delta W=N_{нт}+A-N_6-\Phi_c$
Судың қарқындылығы, $g$ , м/тәу	0.0024	0.0025	0.0023	0.0025	0.0026	$g= \Delta W/t.10^4$

• Химико-металлургические науки

Шаюдан кейін $S_k, т/га$	29	31	40	50	50	$S_k = S_6 - S_6$ (0.5-0.8)
Шаюдан кейін, $\alpha$	0.54	0.61	0.67	0.57	0.57	$\alpha = N_{HT} /$ $IgS_6 / S_k$
Сүзілу жылдамдығы, $\vartheta_0, м/тәу$	0.0079	0.0081	0.0082	0.0084	0.0082	$\vartheta_0 = N_k / 10^4 \cdot t \cdot n_0$
Сүзілу жылдамдығы, $\vartheta_T, м/тәу$	0.0051	0.0052	0.0054	0.0053	0.0053	$\vartheta_T = N_k / 10^4 \cdot t \cdot n_T$
Керіздердің арақашықтығы, $R, м$	200	250	200	200	250	Есептеу
Керіздердің ұзындығы, $L, м$	500	500	500	600	600	Есептеу
Мүмкін тұздану $S_t, \%$	0.29	0.28	0.34	0.43	0.41	$S_t = S_0 \cdot e^{-t\beta}$ ( $t=30t_{\text{әу}}$ )
Тұздың қайтарылуы, $\alpha$	2.05	2.0	1.89	1.35	1.17	$\alpha = N_{HT} / IgS_0 / S_t$
Ылғал алмасу жылдамдығы, $\beta, тәу^{-1}$	0.034	0.031	0.028	0.034	0.033	$\beta = \frac{2,3 \cdot V}{\alpha}$
ЕТЫС, $\beta_{тыс}, \%$	22	23	20	24	18	Тәжірибе[4-7]
Шаю алдындағы ылғал, $\beta_0, \%$	12.3	13.3	12	15.6	10.4	Тәжірибе[4-7]
Гигроскопиялық ылғал, $\beta_{ты}, \%$	2		2	2	2	Тәжірибе[4-7]
Қысылған ауа, $\beta_{ка}, \%$	6	5	5	5	6	Тәжірибе[4-7]
Судың қайтарымы, $\mu_{ск}, \%$	13.4	11.5	14.3	10.3	17	$\mu_{ск} = \beta_{тыс} - \beta_{тыс}$
Тапшы ылғал, $\sigma_{ты}, \%$	12.3	13.3	12	15.6	10.4	$\sigma_{ты} = \beta_{тыс} - \beta_0$
Конвективтік диффузия, $D^*, м^2/тәу$	0.0094	0.0109	0.0069	0.0060	0.0059	$D^* = \frac{\alpha}{230 \cdot n_0}$
Топырақтың қатты күйінің тығыздығы, $d, т/м^3$	2.65-2.75	2.65-2.75	2.65-2.75	2.65-2.75	2.65-2.75	Тәжірибе[4-7]
Сүзілу коэффициенті, $K_0, м/тәу$	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5	0.2-0.5	Тәжірибе[4-7]
Толық ылғал сыйымдылығы, $\beta_{тыс}, \%$	35.4	34.5	34.3	34.3	35	Тәжірибе[4-7]
Керіздегі су, $q, м^3/тәу$	0.2-0.3	0.15-0.2	0.10-0.15	0.10-0.15	0.10-0.15	$q = 4Kh^2/R$
Су ағыны, $q, л/с.га$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	$q = N/86.4 \cdot t$
Пекле көрсеткіші, $P_e$	3.4	3.1	2.8	3.4	3.3	$P_e = \frac{230 \cdot V}{\alpha}$
Керіз ағынының Модулі, $q_0, м^3/тәу$	12.5	7.2	6	6	4.8	$q_0 = q \cdot 10^4 / R$
Қалыпты жағдайдағы керіздегі ағынды су, $Q_0, м^3$	3250	1663	1218	1044	695	$Q_0 = q_0 \cdot t$
а) Гидрохимиялық алмасу (топырақтағы булану)						
Есептеу қабаты, $x_1, м$	1.5	1.2	1.6	1.3	1.4	Тәжірибе
Келген судың жылдамдығы, $V_2, м/тәу$	1.8 10-3	0.84 10-3	1.56 10-3	1.22 10-3	1.35 10-3	$V_2 = \frac{A + N}{365 \cdot 10^4}$
Булану жылдамдығы, $V_1, м/тәу$	2.49 10-3	1.64 10-3	2.29 10-3	2.0 10-3	2.0 10-3	$V_1 = V_0 \exp\left(-\alpha \frac{x_1}{h_k}\right)$
Суландыру және ыза суы минералдылығы, $C_0, кг/м^3$	2.5	2.1	2.3	2.4	2.6	Химиялық талдау



Топырақтағы судың минералдылығы, $C_2$ , кг/м <sup>3</sup>	0.8	0.65	0.7	0.9	1.2	Химиялық талдау
Коэффициент, $\lambda$ , м	24.6	36	21	3.2	3.2	$\lambda = \frac{D_\phi \cdot n_\phi}{V_1 \cdot V_2}$
Кеуектілік ерітіндісінің минералдылығы, $C$ , кг/м <sup>3</sup>	2.4	2.1	2.2	1.85	1.62	Тәжірибе[4-7]
Топырақ ерітіндісінің минералдылығы, $C_{тб}$ , кг/м <sup>3</sup>	0.62	2	2.1	1.1	2.6	Тәжірибе[4-7]
Кеуектіліктегі орташа минералдылық $C_{ор}$ , кг/м <sup>3</sup>	2.42	1.85	2.0	1.81	0.78	Тәжірибе[4-7]
Су-тұз алмасудың қалыпқа келу уақыты, $t$ , жыл	2.31	0.87	2	1.31	1.73	Тәжірибе[4-7]

**Қорытынды.** Топырақтың экологиялық күйіне толық баға беру үшін ,ең алдымен зерттелетін нысанның орналасу жағдайын, топырақтың қалыптасуын, геология және гидрогеологиясы, өсімдіктердің жамылғысы мен дақылдардың аудандасу белгілерін, сонымен қатар, зерттеу алдындағы топырақтың сулы-физикалық, химиялық қасиеттерін жүйелі зерделеп , қарастыруды қажет етеді.

#### ӘДЕБИЕТТЕР

- [1] Рекомендации по определению оросительных норм сельскохозяйственных культур на орошаемых землях Казахстана, Астана, 2001,-70с.
- [2] Справочное руководство гидрогеолога .Том 1.//Под .ред. В.М. Максимова, Ленинград ,1979,-512с.
- [3] Сейтказиев А.С. Почвенно-экологическая оценка засоленных земель в условиях аридной зоны// Материалы междунардн.научно-практ. Конф. «Мелиорация в России –традиции и современность» посвящена 110-летию С.Ф.Аверьянова , Москва,2013,С.162-170.
- [4] Сейтказиев А.С., Мусаев А.И. Методы улучшения продуктивности засоленных земель //Гидрометеорология и экология, Алматы, №3, 2010, -163-173с.
- [5] Горев Л.Н., Пелешенко В.И. Мелиоративная гидрохимия, Киев, 1984, -256 с.
- [6] Сейтказиев А.С., Салыбаев С.Ж., Байзакова А.Е., Музбаева К.М. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах республики Казахстан Тараз. 2011.-274с.
- [7] Сейітказиев Ә.С. Суғармалы геоэкожүйелердегі тұзданған топырақтың су-тұз алмасуы., Тараз, 2010, - 294 б.
- [8] Парфенова Н.И., Решеткина Н.М. Экологическое принципы регулирования гидрогеохимического режима орошаемых земель, Санк-Петербург, 1995,-360 с.
- [9] A. Seitkaziyeu. Z.Maimekov.Y.Andasbayev. M.Jetimov Methodic Aspects of soils Contamination Assesmtnt of the Almatiy Region, the Recpuplic of Kazaakhstan//WALLA journal 32(1):29-33,2016 Available online at www. Waliaj.com ISSN 1026-3861.
- [10] Сейтказиев А.С., Жапарова С.Б., Хожанов Н.Н., Сейтказиева К.А. Экологическая оценка процессов загрязнения агроландшафтов и методы улучшения засоленных земель. Кокшетау, 2016. – 278 с.

Сейтказиев А.С.

#### Определение интегральных показателей орошаемых земель в зависимости от формирования почв

**Резюме.** В статье рассматривается обоснование гидрохимических интегральных показателей в орошаемых засоленных землях ,которые устанавливают регулирование водно-солевого и теплового режимов сероземно-луговых почв в полупустынной зоне Жамбылской области.

**Ключевые слова:** гидрохимические режимы,полупустынная зона,промывка почвы,орошаемые земли, регулиоавние водно-солевого режимов почв.

Seitkaziyeu A

#### Determination of integral indicators in irrigated lands depending on the formation of soils

**Summary.**The paper discusses the rationale for hydrochemical indicators in irrigated saline lands, which are established to regulate the water-salt and thermal regimes of serozem-luow soils in the semi-desert zone of the Zhambyl region

**Keywords:** hydrochemical regimes, semi-desert zone, washing of soil, irrigated lands, regulation of water-salt regimes of soils.

УДК:621,3

**М.С. Молдабекова, Д.С. Карбозов**  
(Казахский национальный университет им. аль-Фараби,  
Алматы, Республика Казахстан)

## **ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕЖСИСТЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**

**Аннотация.** В статье рассматривается методика дистанционного контроля и диагностирования электрооборудования с помощью тепловизионных обследований. Проведенная тепловизионная диагностика основана непосредственно на результатах исследования конкретного объекта электрооборудования болтового соединения клеммного ряда радиатора 2 группы на основе оценки температур нагрева. Обследование электрооборудования межсистемных электрических сетей проводилось в два этапа без вмешательства в технологический цикл производства. На первом этапе осуществлялась общая съемка объекта с целью выявления дефектов на ранней стадии их развития. На втором этапе обследования при выявлении дефектов выполнялось детальное обследование. Исследование проведено на ПС-500 кВ «Алматы» шкафа автоматического управления системами охлаждения реактора и автотрансформатора.

Анализ полученных термограмм показал избыточную температуру нагрева болтового соединения клеммного ряда над температурой нормального узла, т.е. избыточный нагрев электрооборудования. Термограммы позволили быстро определить дефекты в элементах электрооборудования. Выявление и устранение избыточного нагрева электрооборудования, т.е. локального дефекта на ранней стадии его развития дало возможность избежать аварийных дефектов, так как они были обнаружены в период проведения тепловизионного обследования. Результат проведенного исследования способствует повышению технико-экономических показателей электрооборудования межсистемных электрических сетей, надежности и безопасности эксплуатации и позволяет снизить ущербы от аварийных ситуаций.

**Ключевые слова:** электрооборудование, тепловизионный, термограмма, диагностика, электрические сети, дефект, температура, болтовое соединение, автотрансформатор, контакт.

### **Введение**

Электрооборудование межсистемных электрических сетей (МЭС) содержит большое количество устройств, длительная эксплуатация которых без надлежащего диагностирования технического состояния может привести к выходу их из строя и значительному материальному ущербу. Для реализации эффективного диагностирования электрооборудования межсистемных электрических сетей необходимы современные методики и технические средства контроля. Решение задач диагностирования электрооборудования (МЭС) может быть выполнено на основе тепловизионных обследований (ТВО).

Целью ТВО является сокращение объема, продолжительности и стоимости ремонтных работ, увеличение межремонтных сроков и повышение надежности работы МЭС за счет выявления локальных дефектов. Инфракрасный контроль, осуществляемый с помощью современных высокочувствительных портативных тепловизоров, позволяет при минимальных финансовых затратах, за короткое время, без вывода оборудования из работы проверять надежность контролируемого объекта, выявлять дефекты на ранней стадии их развития, сокращать затраты на техническое обслуживание за счет прогнозирования сроков и объема ремонтных работ. В системах электрических сетей периодический тепловизионный контроль может применяться по всему циклу распределения и потребления электроэнергии при разных режимах работы электрических сетей, что позволяет не только следить за состоянием сетей и обеспечивать их безаварийную эксплуатацию, но и предотвращать возможные аварии.

Таким образом, современные методики дистанционного контроля и диагностирования электрооборудования с помощью тепловизионных обследований, не требующие специального вывода в ремонт электрооборудования на момент его обследования, являются актуальными.

### **Тепловизионный контроль электрооборудования**

Тепловизионное обследование электрических станций и подстанций позволяет производить оценку работоспособности ее электрооборудования без вмешательства в технологический цикл производства. Тепловизионный прибор может обнаружить дефекты деталей или частей оборудования в любых труднодоступных и полностью закрытых местах вследствие изменения интенсивности инфракрасного излучения (температуры) этого участка. Основные причины отклонений в работе

электрических сетей и нагрева некоторых ее участков могут быть обусловлены чрезмерными нагрузками (слишком высокий ток, вызывающий перегрузку всей системы), повреждением изоляции, отсутствием проводки необходимого типа, вышедшим из строя элементом; повреждением соединений, вызывающие повышенное сопротивление в контуре и как результат нагрев одной стороны элемента; наличием элементов с несоответствующими для данного применения характеристиками, что вызывает их нагрев с двух сторон.

Перед допуском к эксплуатации, а также при плановых испытаниях все энергоустановки проходят обязательный технический контроль состояния электрооборудования. Тепловизионный мониторинг, позволяет без нарушения технологического цикла производства осуществлять прогнозирование дефектов электрооборудования, выдачу рекомендаций по их своевременной локализации, путем обработки первичной информации по алгоритму сопоставления с базой критичных дефектов [1, 2].

#### **Методика исследования**

Для съемки тепловизором объект должен находиться в прямой видимости. Работы проводятся при работе оборудования в режиме нагрузки, а также (при необходимости) для силовых трансформаторов в режиме холостого хода. Оцениваются как аномальные повышения, так и снижения температур. Такой подход позволяет определять как дефекты контактных соединений, протекание наведенных токов, потерь изоляции и другие развивающиеся дефекты изоляции, утечки масла, перекрытие протоков охлаждающих сред, эффективность работы систем охлаждения. При необходимости проводится анализ и корреляции с результатами других испытаний и измерений

Обследование производится в два этапа: сначала осуществляется общая съемка объекта, затем, при выявлении дефектов, выполняют детальное обследование. После детального анализа термограмм составляется детальный отчет о состоянии обследованного объекта: указываются дефекты, определяется эффективность работы электрооборудования, а также оценивается состояние электрооборудования. Отчет также включает термограммы элементов электрооборудования с указанием температурных данных в характерных точках и заключение о состоянии электроприборов и сети в целом с указанием степени развития выявленных дефектов. В отчете могут быть даны рекомендации по устранению выявленных нарушений и по ремонту или замене электрооборудования.

На рисунке 1 приведена термограмма развившегося дефекта на ПС-500 кВ «Алматы» шкафа автоматического управления системой охлаждения реактора. Сравнение параметров обследованного объекта с параметрами согласно РД 34.45-51300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» выявило развившийся дефект в болтовом соединении клеммного ряда радиатора 2 группы. Из проведенного анализа термограммы следует, что максимальная температура, определенная тепловизором на обследуемом элементе равна 58 °С. Следовательно, избыточная температура нагрева болтового соединения клеммного ряда над температурой нормального узла составляет 26 °С, так как максимальная нормативная температура составляет 32 °С.

Таким образом, делаем заключение о состоянии электрооборудования, конкретно болтового соединения клеммного ряда с указанием степени развития выявленного дефекта, повышения температуры, т.е. избыточного нагрева оборудования. Выявленный развившийся дефект следует устранить при ближайшем выводе электрооборудования из работы. Рекомендуются при выводе электрооборудования в ремонт произвести ревизию контактных соединений клеммного ряда ШАОР Р-2 фаза «В».

Следует отметить, что по термограмме можно быстро определить дефекты в элементах электрооборудования прежде, чем они перейдут в разряд крупных проблем. технология таких работ включает в себя: проведение контроля во время эксплуатации в реальных условиях; проведение измерений бесконтактным методом; раннее выявление дефектов, что дает возможность устранить их вовремя. по данной термограмме наглядно видно что болтовое соединение клеммного ряда, в котором установлены элементы контроля, защиты и измерения имеет нагрев некоторых контрольных цепей по элементам охлаждения, который может повлечь за собой серьезные последствия и вынужденный, внеплановый вывод в ремонт силового оборудования, из-за выхода из строя 2 группы радиаторов реактора. Отсюда как следствие выявление и устранение локальных или иных дефектов на ранней стадии их развития дает возможность избежать аварийных дефектов, если они обнаружены в период проведения тепловизионного обследования, согласно графика или ПЭР (профилактические эксплуатационные работы).

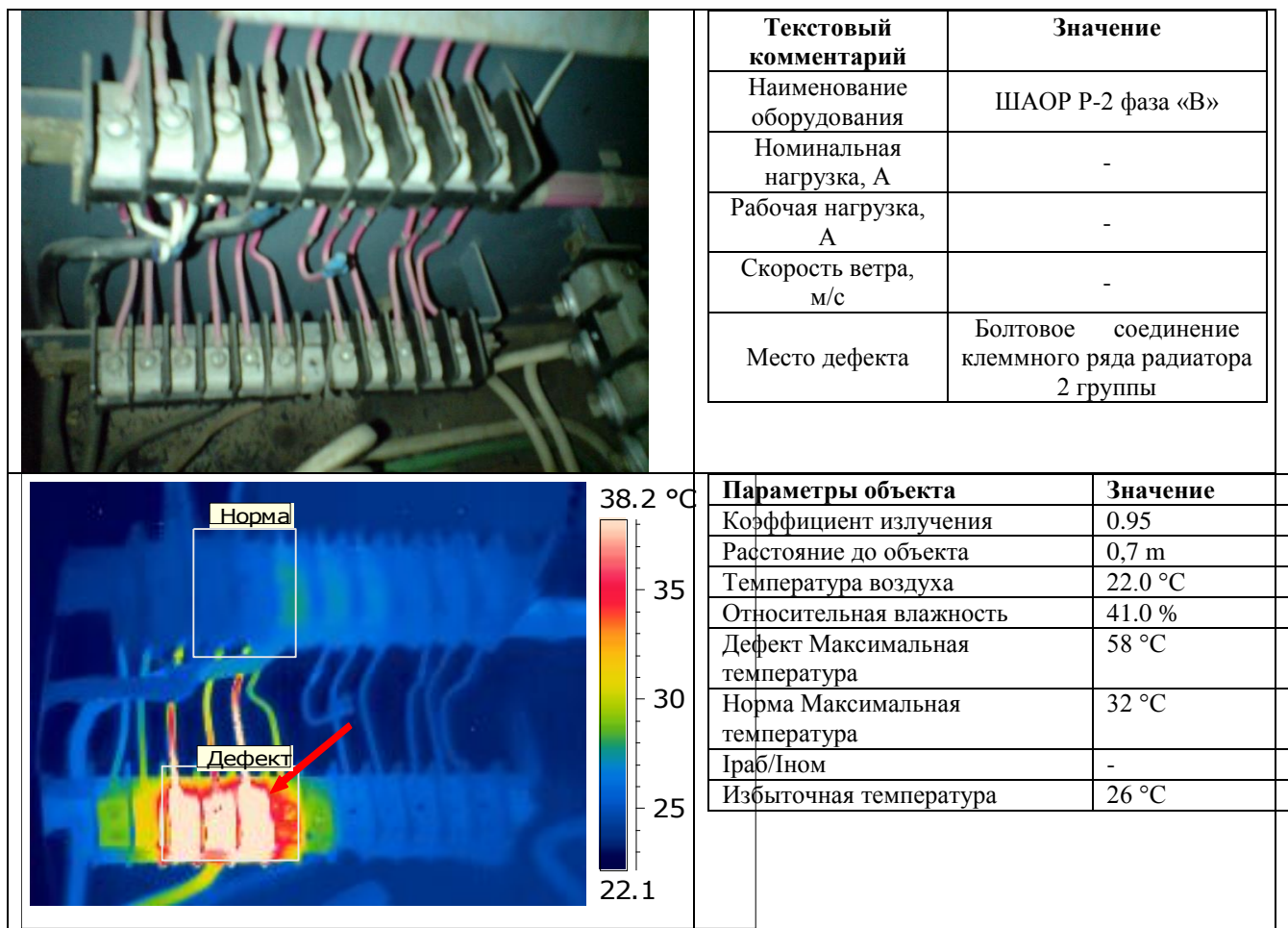


Рис. 1. Термограмма развившегося дефекта на ПС-500 кВ «Алматы» шкафа автоматического управления системой охлаждения реактора

Часто бывает, что дефекты возникают между графиками проведения тепловизионного обследования, то есть в неконтролируемый момент, когда элементы по разным причинам выявляются уже на стадии «аварийный дефект». К таким последствиям обычно приводят некачественно выполненные монтажные работы, скрытые дефекты некачественного оборудования, большие перегрузки в сети, неправильная эксплуатация – основные причины возникновения аварийных ситуаций. В качестве иллюстрации аварийного дефекта на рисунке 2 приведена термограмма [шкафа управления охлаждения](#) автотрансформатора ШАОТ АТ-2 фазы «В» с аварийным дефектом, его вид повреждения.

Как видно из анализа термограмм рис.2 максимальная температура, определенная тепловизором на болтовом соединении нижнего клеммного ряда X2 (маркировка А14В14) оказалась 34°С. Максимальная нормативная температура составляет 31 °С. Следовательно, избыточная температура нагрева болтового соединения нижнего клеммного ряда над температурой нормального узла составляет 3°С.

Таким образом, в соответствии с РД 34.45-51300-97 «Объем и нормы испытаний электрооборудования» выявлен аварийный дефект, который следует устранить при ближайшем выводе электрооборудования из работы. Рекомендуется при выводе электрооборудования в ремонт произвести ревизию контактных соединений клеммного ряда ШАОТ АТ-2 фаза «В».



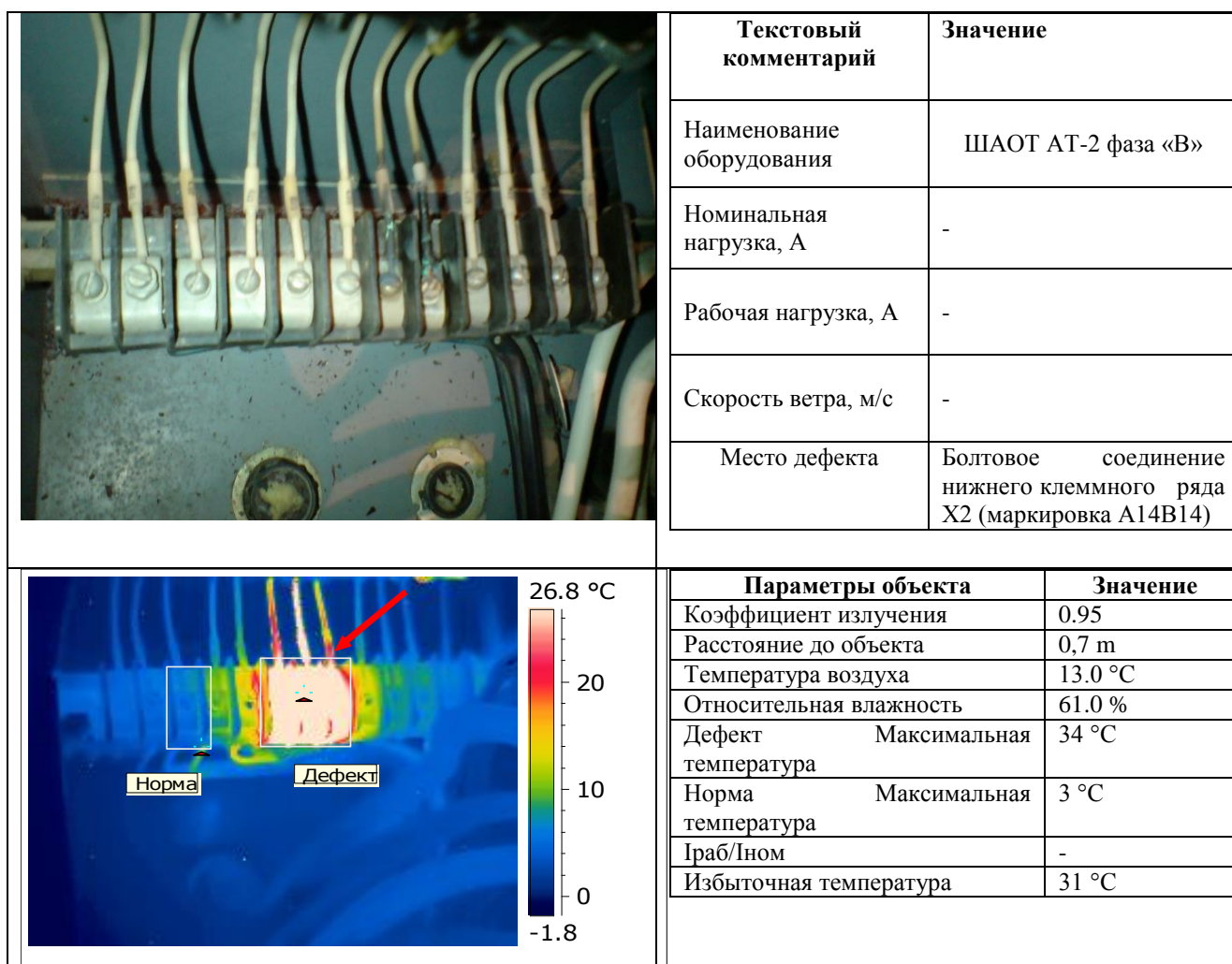


Рис. 2. Термограмма аварийного дефекта на ПС-500 кВ «Алматы» шкафа автоматического управления системой охлаждения автотрансформатора

### Заклучение

В данной работе показана актуальность тепловизионной диагностики непосредственно на результатах исследования конкретного объекта электрооборудования болтового соединения клеммного ряда радиатора 2 группы на основе оценки температур нагрева. Результатом проведенного исследования является решение важной производственно-технической проблемы управления тепловизионным мониторингом электрооборудования, что способствует повышению технико-экономических показателей электрооборудования межсистемных электрических сетей, надежности и безопасности эксплуатации и позволяет снизить ущербы от аварийных ситуаций. Отметим, что тепловизионная диагностика имеет особенно большое значение для рационального использования энергии у потребителей энергоресурсов, позволяет анализировать эффективность расходования электроэнергии и энергосбережения, которые относятся к числу высших приоритетов государственной энергетической политики.

### ЛИТЕРАТУРА

[1] Экономические аспекты тепловизионного обследования элементов систем электроснабжения горнодобывающих предприятий / Е. Н. Топильская, О. В. Инжелевская, Н. М. Топильский // Научные технологии разработки и использования минеральных ресурсов: международная научно-практическая конференция: сборник научных статей. - Новокузнецк : СибГИУ, 2015. - С. 260 - 263.

[2] Ю.Власов А.Б. Прогнозирование долговечности контактных соединений по данным тепловизионной диагностики //Электротехника, 2003. №12.- С. 273-274.

Молдабекова М.С., Карбозов Д.С.

**Жүйеаралық электр желілерінің электр жабдықтарының жылу көріністігін диагностикалау**

**Түйіндеме:** Бұл мақалада жылу көріністігін зерттеулер әдістемесі арқылы электр жабдықтарын қашықтан бақылау және диагностикалау техникасы қарастырылған. Жүргізілген жылу көріністік диагностикасы 2-ші топтағы радиатордың клеммалық қатарындағы болтты қосылыстардың электр қыздыру температурасын бағалау негізінде нақты объектіні зерттеу нәтижелеріне тікелей негізделген. Жүйеаралық электр желілерінің электр жабдықтарын зерттеу өндірістің технологиялық цикліне араласпай, өзара екі кезеңмен жүргізілді. Бірінші кезеңдегі барлық түсірілімдер ақаулардың алдын алу, дамудың ерте сатысында анықтау мақсатында жүзеге асырылды. Тексерудің екінші кезеңінде ақаулар анықталған кезінде егжей-тегжейлі зерттеулер орындалды. Зерттеу 500 кВ «Алматы» ҚС-да реактордың және автотрансформатордың суыту жүйелері бар автоматты басқару шкафында өткізілді.

Алынған термограммалардың талдауы қалыпты түйін температурасындағы клеммалық қатардың болтты қосылысының шамадан артық температурасын, яғни электр жабдықтарының шамадан тыс қызуын көрсетті. Термограммалар электр жабдықтарының элементтеріндегі ақауларды тез анықтауға мүмкіндік береді. Электр жабдықтарының шамадан тыс қызуын, яғни жергілікті ақауды оның дамуының ерте сатысында анықтау және жою апатты ақауларды болдырмауға мүмкіндік береді, өйткені олар жылу көріністігін тексеруді жүргізу кезеңінде табылған. Жүргізілген зерттеудің нәтижесі жүйеаралық электр желілерінің электр жабдықтарының техникалық-экономикалық көрсеткіштерін арттыруға, пайдалану қауіпсіздігі мен сенімділігіне және авариялық жағдайлардың залалдарын азайтуға мүмкіндік береді.

**Түйінді сөздер:** электр жабдығы, жылу көріністік, термограмма, диагностика, электр желілері, ақау, температура, болтты қосылыс, автотраснформатор, түйіспе.

Moldabekova M.S., Karbozov D.S.

**Thermal imaging diagnostics of electrical equipment of interconnected electrical networks**

**Summary.** The article deals with the technique of remote monitoring and diagnostics of electrical equipment with the help of thermal imaging surveys. The conducted thermal imaging diagnostics is based directly on the results of research of a specific object of the electrical equipment of the bolted connection of the terminal strip of the group 2 radiator based on the evaluation of the heating temperatures. The survey of electrical equipment of interconnected electrical networks was conducted in two stages without interference in the technological production cycle. At the first stage, a general survey of the object was carried out to identify defects at an early stage of their development. In the second stage of the examination, a detailed examination was performed to identify defects. The research was carried out at the 500 kV Substation "Almaty" of the automatic control cabinet for the cooling systems of the reactor and autotransformer.

The analysis of the obtained thermograms showed an excessive heating temperature of the bolted connection of the terminal row over the temperature of the normal node, i.e. Excessive heating of electrical equipment. The thermograms made it possible to quickly identify defects in the elements of electrical equipment. Identification and elimination of excessive heating of electrical equipment, i.e. Local defect at an early stage of its development made it possible to avoid emergency defects, since they were detected during the thermal imaging survey. The result of the conducted research contributes to the improvement of technical and economic indicators of electrical equipment of interconnected electrical networks, reliability and operational safety and allows to reduce damage from accidents.

**Keywords:** electrical equipment, thermal imaging, thermogram. Diagnostics, electrical networks, defect, temperature, bolted connection, autotransformer, contact.

## МАЗМҰНЫ

### Жер туралы ғылымдар

<i>Байсалова А.О.</i> ЖОҒАРҒЫ ЕСПЕ КЕНОРНЫНЫҢ АЛЬБИТТЕРІ МЕН МЕТАСОМАТИТТЕРІНІҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ.....	3
<i>Алтаева А.А., Кашиников Ю.А.</i> ПАЙДАЛЫ ҚАЗБА КЕНОРЫНДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН ТАУ ЖЫНЫСТАРЫ МЕН ЖЕР БЕТІНІҢ ЖЫЛЖУЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЕСЕПТЕУДІҢ АНАЛИТИКАЛЫҚ ӘДІСТЕРІНЕ ШОЛУ.....	7
<i>Абетов А.Е., Ниязова А.Т., Абетова С.А.</i> СОЛТҮСТІК ҮСТІРТ АЙМАҒЫНЫҢ ІРІ ГЕОҚҰРЫЛЫМДАРЫНЫҢ ГРАВИТАЦИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ГЕОМАГНИТТИ ӨРИСТЕРІ АНОМАЛИЯЛАРЫНЫҢ КОРРЕЛЯЦИЯСЫ.....	10
<i>Ибырханов Т.С.</i> ПАЙДАЛЫ КЕН ҚАЗБАЛАРДЫҢ ӨНДІРІСТІК ҚОР САНАУ ӘДІСІНІҢ МОДЕРНИЗАЦИЯСЫ.....	19
<i>Порядин В.И., Аденова Д.К.</i> ТАШКЕНТ МАҒЫ ТРАНСШЕКАРАЛЫҚ СУ САҚТАУ ҚАБАТЫНЫҢ СУ АЛМАСУЫНЫҢ ҚАРҚЫНДЫЛЫҒЫН БАҒАЛАУ.....	24
<i>Әжіғалиев Д. Қ.</i> КАСПИЙ МАҒЫ БАССЕЙНІНІҢ ПАЛЕОЗОЙ КЕШЕНІНДЕГІ ЖАҢА БАҒЫТТАР МЕН БАСЫМ НЫСАНДАР.....	30
<i>Муртазин Е., Байқадамова А., Кисмельева Б.</i> 3-т ЖАРКЕНТ ОЙЫҒЫ ҰҢҒЫМАСЫНЫҢ ТЕРМАЛДЫ СУЫН КЕШЕНДІ ПАЙДАЛАНУ.....	37
<i>Сапаров Қ.Т., Женисқбаева Н.Ж., Кабдрахманова Н.К., Шарипиева Ш. А.</i> ОҢТҮСТІК АЛТАЙДЫҢ СУ НЫСАНДАРЫНЫҢ ҚОЛАЙЛЫЛЫҚ ДӘРЕЖЕСІН АНЫҚТАУ.....	45

### Техникалық ғылымдар

<i>Никитина Ю.Г., Поезжаев И.П., Мырзабек Г.А., Разуваева Т.В., Алибаева Қ.А.</i> УРАНДЫ ШЫҒЫНЫН ОҢТАЙЛАНДЫРУ ҮШІН ГЕОТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ АЛҚАПТЫҢ АШУ СҰЛБАСЫН ЖЕТІЛДІРУ ТАҚЫРЫБЫНА МАҚАЛА.....	54
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Бөлегенова С.Ә., Шортанбаева Ж.Қ., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.</i> ЖАНУ КАМЕРАСЫНДАҒЫ СҰЙЫҚ ТАМШЫЛАРЫНЫҢ ТҮТАНУЫ МЕН ЖАНУ ПРОЦЕСІНЕ ҚЫСЫМНЫҢ ӘСЕРІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	62
<i>Амангелдиев К.Б., Уразова З.Ж., Коваленко Б.Б., Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Пердалы Ж.Б.</i> САПАНЫ БАСҚАРУДЫҢ КЕШЕНДІ ТӘСІЛІ.....	66
<i>Хабдуллин Әсет Б., Хабдуллина З.К., Хабдуллин Арман Б., Хабдуллина Г.А.</i> ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЭКОНОМИКАСЫНЫҢ ДАМУЫНЫҢ БАСТЫ БАҒЫТЫ- ҚОРЛАРДЫҢ ЭНЕРГИЯ ҮНЕМДЕЛУІ.....	67
<i>Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров Қ.А.</i> МОБИЛЬДІ ҚҰРЫЛҒЫ ҮШІН АЙҚЫН ЕМЕС ЛОГИКАСЫНЫҢ ҚОЛДАНЫЛЫМЫ.....	71
<i>Әсет Б. Хабдуллин, Хабдуллина З.К., Арман Б. Хабдуллин, Хабдуллина Г.А.</i> ГЕОМЕХАНИКАЛЫҚ ЖӘНЕ ЭЛЕКТРОТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНДЕРДІ АВТОМАТТЫ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІН ФУНКЦИЯЛАНУЫНЫҢ АЛГОРИТМІН ДАЯРЛАУ.....	77
<i>Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Корғасбеков Д.Р., Утепов З.Г.</i> ӨНІМДІ ҚАБАТТАРДЫ ИГЕРУГЕ АРНАЛҒАН ҚҰРЫЛҒЫНЫҢ ӨНДІРІСТІК СЫНАУ НӘТИЖЕЛЕРІ.....	82
<i>Амиргалиев Б.Е., Қуатов К.К.</i> АКСЕЛЕРОМЕТР ЖӘНЕ GPS АРҚЫЛЫ КӨЛІКТІҢ ЖҮРІС БАҒЫТЫН АНЫҚТАУ ӘДІСІ.....	86
<i>Цинке Х. П., Елелмесов К. К., Столповских И. Н., Ахметова М. И.</i> ГИДРАВЛИКАЛЫҚ ЭКСКАВАТОРЛАРДЫҢ КОНСТРУКТИВТІК ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ӨНІМДІЛІККЕ ӘСЕРІ.....	92
<i>Муратов А.Д., Сандыбаев Е.Е.</i> КОМПОЗИЦИОНДЫ ПОЛИИМИДТІ ҚАБЫҚШАЛАРҒА ТҮРЛІ ТОЛЫҚТЫРҒЫШТАР ЕНГІЗУ МЕН ЭЛЕКТРОНДАРМЕН СӘУЛЕЛЕНДІРУ АРҚЫЛЫ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ӨЗГЕРТУ.....	102



<i>Генбач А.А., Рахимжанова С.Э.</i>	
ЖОҒАРЫ ҚАРҚЫНДЫ БУ (АУАМЕН) - ГЕНЕРАЦИЯЛАУ ЖӘНЕ ТОТЫҚТЫРУ КОНСТРУКЦИЯЛАРЫМЕН КАПИЛЛЯРЛЫ КЕУЕКТІ ШАҢ МЕН ГАЗДЫ ТҰЗАҚ ӨЗІРЛЕУ .....	108
<i>Нурабаева Л.С.</i>	
ХАЛЫҚҚА ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БІЛІМ МЕН ТӘРБИЕ БЕРУ .....	113
<i>Нурабаева Л.С.</i>	
ФИЗИКАЛЫҚ ГЕОГРАФИЯ ПӘНІН ОҚЫТУДАҒЫ ЖАҒДАЯТТАРДЫ ШЕШУДІҢ ТЕХНОЛОГИЯСЫ.....	116
<i>Муханова Н.З., Данлыбаева А.К., Нұрмұханова А.З., Куйкабаева А.А., Оспанова Ш.С., Усербаева М.А., Пердалы Ж.Б.</i>	
ГАЗ-ТУРБИНАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР НЕГІЗІНДЕ ҚОЛДАНЫСТАҒЫ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫН ҚАЙТА ҚҰРУ.....	121
<i>Уразова З.Ж., Амангелдиев К.Б., Сергеева И.Г., Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Усербаева М.А.</i>	
СЕРТИФИКАТТАУ МЕН СТАНДАРТТАУДЫҢ ХАЛЫҚАРАЛЫҚ ТӘЖІРИБЕСІН ТАЛДАУ ЖӘНЕ БАҒАЛАУ.....	127
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.</i>	
МОДЕЛЬДЕУ ЖАМАН СЫМДЫ АЗ КЕУЕКТІ КАПИЛЛЯРЛЫ ЖАБЫНДАР МЕН БУ ГЕНЕРАЦИЯЛАЙТЫН ЖЫЛУ АЛМАСУ БЕТТЕРІНІҢ ЭЛЕМЕНТТЕРІН ЖЫЛУ ЭНЕРГЕТИКАЛЫҚ ҚОНДЫРҒЫЛАР.....	129
<i>Жамбакина З., Жакулин А., Жакулина А.</i>	
КЕРНЕУЛІ ДЕФОРМАЦИЯЛАНҒАН КҮЙІН ТАЛДАУ.....	137
<i>Серік Н.Г.</i>	
ЖЫЛУЛЫҚ ҚҰБЫР НЕГІЗІНДЕ ЖАСАЛҒАН СУЫТУ ЖҮЙЕСІ БАР ЖАРЫҚ ДИОДТЫ ШАМАНЫҢ ЖЫЛУЛЫҚ РЕЖИМДЕРІ МЕН ЖАРЫҚ СИПАТТАМАЛАРЫ.....	142
<i>Әсет Б. Хабдуллин, Хабдуллина З.К., Арман Б. Хабдуллин, Хабдуллина Г.А.</i>	
ТАУ-КЕН МЕХАНИКАЛЫҚ КЕШЕНДЕРДІҢ ЭЛЕКТРМЕН ЖАБДЫҚТАЛУ ЖҮЙЕСІНІҢ ҮЛГІЛЕНУІН САРАПТАУ.....	146
<i>Танашев С.Т., Идирисов М.Ж., Калдыгосов Е.К., Албаева Ж.Т., Танашев А.С., Жолдасбек А.М.</i>	
ҚЫЗЫЛҚИЯ МҰНАЙЫНЫҢ ВАКУУМДЫҚ ГАЗОЙЛІНЕ МҰНАЙ БИТУМДЫ ҚАЗБАЛАРДЫҢ ЖЕҢІЛ ГАЗОЙЛЬ ФРАКЦИЯСЫНЫҢ ӘСЕРІН КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГ ПРОЦЕСІНДЕ ЗЕРТТЕУ.....	151
<i>Калдыгосов Е.К., Калдыгосов А.Е., Танашев С.Т., Идирисов М.Д., Албаева Ж.Т., Джунуспеков Н.Е.</i>	
ТАУАРЛЫ МҰНАЙ ӨНІМДЕРІН АЛУ МАҚСАТЫНДА ТЕҢІЗ ЖӘНЕ ҚҰМКӨЛ МҰНАЙЛАРЫНЫҢ ҚАСПАСЫН ӨҢДЕУ.....	156
<i>Дараев А.М., Джунусов Н. А., Ибекеев С.Е.</i>	
ҚАЙТАЛАҒЫШ ЭЛЕКТР ҚОЗҒАЛТҚЫШТАРЫНЫҢ КҮН ФОТОЭЛЕКТРЛІ ЗАУЫТЫНДА СЫРТҚЫ НАРАЗЫЛЫҚТЫ ТАЛДАУ.....	159
<i>Дараев А.М., Джунусов Н. А., Ибекеев С.Е.</i>	
ФОТОЭЛЕКТРЛІ ЗАУЫТЫНДА СЕРПІМДІ ТЕРБЕЛІС СИПАТЫ ЗЕРТТЕУ.....	165
<i>Жаркевич О.М., Нуржанова О.А., Жунуспеков Д.С., Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.</i>	
АУЫЛ ШАРУАШЫЛЫҚ ТЕХНИКАНЫҢ КОРПУСТЫҚ БӨЛШЕКТЕРІН ҚАЙТАДАН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРУ.....	171
<i>Исагулов А.З., Куликов В.Ю., Квон Св.С., Аринова С.К.</i>	
ЭИ 867 БОЛАТ ТЕМПЕРАТУРАСЫНАН МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРДІҢ ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ.....	177
<i>Бекбай А.Т., Бигалиева Ж.С.</i>	
МОДЕРНИЗАЦИЯЛАНҒАН СЫЗЫҚТЫҚ ӘДІСІ НЕГІЗІНДЕ ТІК ҰШЫП-ҚОНУ ҰШАҒЫНЫҢ БАСҚАРУ АЛГОРИТМІНІҢ СИНТЕЗІ.....	181
<i>Жолдубаева Ж.Д., Набоко Е.П., Смагулова Ж.Б.</i>	
МЫРЫШТЫ СҮЗГІЛЕУ ӘДІСІМЕН ТАЗАРТУ .....	187
<i>Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., Ивашкина Е.Н.</i>	
ВАКУУМДЫҚ ДИСТИЛЛЯТ ТОБЫНЫҢ ҚҰРАМЫН ЕСЕПКЕ АЛА ОТЫРЫП, КАТАЛИТИКАЛЫҚ КРЕКИНГ ПРОЦЕСІНІҢ ҚОНДЫРҒЫСЫНАН ӨНІМНІҢ ӨНІМДІЛІГІ МЕН САПАСЫН БОЛЖАУ.....	190
<i>Сапарходжаев Н. П., Мукашева А.К.</i>	
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ АУМАҒЫНДА BIGDATA ТЕХНОЛОГИЯСЫ НЕГІЗІНДЕ НАУҚАСТАРҒА ҚЫЗМЕТ КӨРСЕТУ ЖҮЙЕСІН ӨЗІРЛЕУ.....	193
<i>Сейітбеков Ж.С., Сарсенбеков Т.К., Козлов В.А., Көккөзов Д.Қ.</i>	
ТИТАН ШИКІЗАТЫН ӘР ТҮРЛІ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ӘДІСПЕН БАЛҚЫТЫЛҒАН ТҰЗДА ХЛОРЛАУ.....	198

<i>Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.</i>	
ӨНДІРІСТІҢ ТАУАРЛЫҚ БЕНЗИН МҰНАЙ ӨНДЕУ ЗАУЫТЫНДА ҚАРҚЫНДАТУ .....	203
<i>Досмаканбетова А.А., Оспанов Б.О., Сейтқасимова Л.А., Пазилова Г.Д., Ибрагимова З.А.</i>	
ҚАУЫННАН АЛЫНАТЫН ӨНІМДЕРДІҢ САПАСЫНА ОНЫҢ СҰРЫПТЫҚ ЖӘНЕ МАУСЫМДЫҚ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІНІҢ ӘСЕРІ.....	207
<i>Куанышбеков Т.К., Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Озюлмаз Б., Ильин А.М.</i>	
ГРАФЕН ОКСИДІ НЕГІЗІНДЕГІ ЫЛҒАЛ ДАТЧИГІНІҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ .....	210
<i>Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА СГКР .....	213
<i>Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров Қ.А.</i>	
ЖОҒАРЫ ДЕҢГЕЙЛІ АЙҚЫН ЕМЕС ПЕТРИ ЖЕЛІСІН ПАЙДАЛАНЫП СМАРТФОНҒА НЕГІЗДЕЛГЕН ҚҰЛАУДЫ АНЫҚТАУ ЖҮЙЕСІН ҚҰРАСТЫРУ .....	218
<i>Кайралиева Т., Айдарова С.Б., Макиевский А.В., Файнерман В.Б., Миллер Р.</i>	
БЕТТІК АКТИВТІ ЗАТТАРДЫҢ АДСОРБЦИЯСЫ КЕЗІНДЕ ҰСАҚ ТАМШЫ БЕТІНДЕ ТАМШЫ АУДАНЫ МЕН ТАМШЫ КӨЛЕМІ АРАСЫНДАҒЫ АРА-ҚАТЫНАСТЫҢ ТӨМЕНДЕУІН АНЫҚТАУ .....	223
<i>Серік Н.Ф., Токмолдин С.Ж.</i>	
НЕО 200 СТЕНДІНДЕ ЖОҒАРҒЫ ЖАРЫҚТЫ ДИОД ШАМДАРЫНЫҢ P-N АУЫСУ ГЕТЕРОСТРУКТУРАСЫНДАҒЫ ТЕМПЕРАТУРАНЫ АНЫҚТАУ .....	229
<i>Измелеуова М.С., Тагаев М.Е.</i>	
NFC ТЕХНОЛОГИЯСЫН КОНТЕЙНЕР ТЕРМИНАЛЫНЫҢ ЖҰМЫСЫНА ЕҢГІЗУ .....	233
<i>Абилов А.А., Мусаев Р.А., Мырзабек Г.А., Тунгатарова М.С.</i>	
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ АРҚЫЛЫ УРАНДЫ ЖЕРАСТЫ ШАЙМАЛАУ КЕЗІНДЕГІ ПРОБЛЕМАЛЫ БЛОКТАРДАН КЕНДІ БӨЛІП АЛУДЫ ТАЛДАУ .....	237
<i>Лесбаев А.Б., Мананов С., Смагулова Г.Т., Ким С., Элоуади Б., Гусейнов Н., Немкаева Р.</i>	
СҰЫҚ КҮЙ ЖАНУ ТӘСІЛІМЕН СИНТЕЗДЕЛГЕН МАГНЕТИТ - fe <sub>3</sub> o <sub>4</sub> НАНОБӨЛШЕКТЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	242
<i>Қашағанова Г.Б., Вуйцик В., Калижанова А.У., Козбакова А.Х.</i>	
ТЕМПЕРАТУРАНЫҢ ТАЛШЫҚТЫ-ОПТИКАЛЫҚ ТЕТІГІ.....	249
<i>Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина</i>	
ТАУ-КЕН ТЕХНИКАЛЫҚ КЕШЕНДЕРДІҢ ҮРДІСТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕУ .....	253
<i>Чжан Кецянь, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе</i>	
АСФАЛЫТ-БЕТОН ЖАМЫЛҒЫСЫН КҮТПІ-ҰСТАУ КЕЗІНДЕ БЕРІКТІ ЖОҒАРҒЫ ӨТКІЗГІШТІК ҚАБАТТЫ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ЖАМЫЛҒЫНЫ ҚОЛДАНУДЫ ЗЕРТТЕУ .....	259
<i>Нұржақып Е.Е.</i>	
IBM FILENET КОРПОРАТИВТІК КОНТЕНТТІ БАСҚАРУ ЖҮЙЕСІНІҢ СИПАТТАМАСЫ .....	265
<i>Увалиева И.М., Нурумов Ж.Ж., Смаканов Б.С.</i>	
АВТОКӨЛІКТІ ДИАГНОСТИКАЛАУ ҮЛГІСІН ҚҰРУ ЖӘНЕ ЗЕРТТЕУ .....	268
<i>Садыбек А.В.</i>	
ЭЛЕКТРОНДЫҚ ХАТТАМА ЖҮЙЕСІНІҢ СИПАТТАМАСЫ .....	277
<i>Сейітқазиев Ә.С., Шилибек К.Қ.</i>	
ФИЗИКАЛЫҚ-ХИМИЯЛЫҚ ГИДРОДИНАМИКА ӘДІСІМЕН МЕЛИОРАТИВТІК – ГИДРОХИМИЯ МӘЛІМЕТТЕРІН МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ .....	280
<i>Нысанов Е.А., Құрақбаева С.Ж., Махатова А.Х., Қожабекова А.Е., Құрақбаев А.Ж.</i>	
МАТНСАД ЖӘНЕ DELPHI ОРТАЛАРЫНДА ДЕРЕКТЕРДІ АППРОКСИМАЦИЯЛАУ ӘДІСТЕРІМЕН ӨНДЕУ ҮШІН ҚОЛДАНБАЛЫ БАҒДАРЛАМАЛАР ҚҰРУ .....	286
<i>Қурбаниязов С.К.</i>	
ҚҰРЛЫС МАТЕРИАЛДАРЫН АЛУ ҮШІН ТҮРКІСТАН АЙМАҒЫНДАҒЫ БЕНТОНИТ ЫЛАЙЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ ҚҰРАМДАС БӨЛІКТЕРІНЕ ЗЕРТТЕУ ЖҰМЫСТАРЫН ЖҮРГІЗУ .....	291
<i>Қананияева Н.Е., Сакиева З.Ж., Алмаганбетова А.</i>	
СҮТ ҚЫШҚЫЛЫ БАКТЕРИЯЛАРЫ МЕН АШЫТҚЫ САҢЫРАУҚҰЛАҚТАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН СҮТ ОРТАСЫНДА ЗЕРТТЕУ ЖӘНЕ КОНСОРЦИУЫМДЫ ҚҰРАСТЫРУ .....	297
<i>Ұзақов Я. М., Таева А. М., Медеубаева Ж. М., Макангали К. К., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.</i>	
ТҮЙЕ ЕТІНІҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ .....	299
<i>Ұзақов Я. М., Матибаева А. И., Желеуова Ж.С., Даулетханқызы А., Туганбай Е.К.</i>	
ӨСІМДІК ҚОСПАСЫ ҚОЛДАНЫП ҚОЙ ЕТІНЕН ЖАСАЛҒАН ҰЛТТЫҚ ТАҒАМНЫҢ БИОЛОГИЯЛЫҚ ЖӘНЕ ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	304
<i>Алияров Б.К., Тұрар А.Б.</i>	
ЖЕЛ АГРЕГАТЫ ШАҒЫН СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ ПАРАМЕТРЛЕРІН ЗЕРТТЕУ .....	309
<i>Абдрахманова Н.Т</i>	
ОЛИВИН ҚҰМЫН ТӨСЕУ ҚОСПАСЫ ҮШІН ҚОЛДАНУ .....	311

<i>Абеустанова А.Н.</i>	
АҒЫЛШЫН ТІЛІНЕН ҚАЗАҚ ТІЛІНЕ АУДАРЫЛҒАН ҚАЗАҚША ҚАТЕ СӨЗДЕРДІ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ БАЛАМАЛАР КАТАЛОГЫН ҚҰРУ.....	313
<i>Мұрадов А.Д., Естанова Ш.Е., Камалова Ф.П., Сарсенбаев А.Б.</i>	
«ПОЛИИМИД–УВа <sub>2</sub> Сu <sub>3</sub> О <sub>6+x</sub> » ЖҮЙЕСІНІҢ МЕХАНИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ТОЛТЫРҒЫШТЫҢ КОНЦЕНТРАЦИЯСЫ МЕН ГАММА СӘУЛЕЛЕНДІРУГЕ ТӘУЕЛДІЛІГІ.....	317
<i>Шарипов К.О., Булыгин К.А., Батырбаева А.А., Мекесова П.А.</i>	
ШАШТЫҢ ЭЛЕМЕНТТІК ҚҰРАМЫ НЕГІЗІНДЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗДАРДЫ АНЫҚТАУ ЖӘНЕ ҚОРШАҒАН ОРТАНЫҢ ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗДІГІН БАҒАЛАУ.....	322
<i>Шарипов К.О., Батырбаева А.А., Нармаганбетова Д.Е.</i>	
МУЛЬТИОМДЫ ТЕХНОЛОГИЯЛАР ЖӘНЕ ОЛАРДЫҢ АУРУДЫ ДИАГНОСТИКАЛАУ МЕН МОНИТОРИНГТЕУДЕ ҚОЛДАНЫЛУЫ.....	326
<i>Толубекова Л.А.</i>	
ЭКСКАВАТОРДЫҢ ШЕЛЕКТЕГІ ТІСТІҢ ТАҒАНДАРЫНА ҚОРЫТПАНЫҢ ТОЗУҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	331
<i>Жумагалиев Е.Е.</i>	
ТАСЫМАЛДАУҒА АРНАЛҒАН ТЕМІР ШОЙЫН ШАРЛАРЫ.....	334
<i>Каримова А. М., Аманжолов Е. Т.</i>	
«САРЫАДЫР» КЕН ОРЫНЫ КӨМІРІН ҚЫЗДЫРУ КЕЗІНДЕГІ ТЕРМИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	337

### Физика-математика ғылымдары

<i>Қалықова Г.М., Светлакова К.Р., Беляев Е.К.</i>	
КАРТАҒА ТҮСІРУ ЖӘНЕ МОДЕЛЬДЕУ АРҚЫЛЫ УРАН КЕН ОРНЫ БЛОКТАРЫН ӨНДІРУДІ АРТТЫРУ.....	340
<i>Башеева А.О.</i>	
НҮКТЕЛІ АБЕЛЬДІК ГРУППАЛАРДЫҢ ТӘУЕЛСІЗ БАЗИСТЕРІ ТУРАЛЫ.....	346
<i>Немкаева Р.Р., Гусейнов Н.Р., Мырзабекова М.М., Габдуллин М.Т.</i>	
УЛЬТРАКҮЛІГІН ЖӘНЕ СӘУЛЕЛЕНУ ӘСЕРІНЕН ҚАЛПЫНА КЕЛТІРІЛГЕН ГРАФЕН ОКСИДІНІҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	351
<i>Салаватов Т.І., Поезжаев И.П., Алибаева К.А.</i>	
ГИДРОДИНАМИКАЛЫҚ МОДЕЛЬДЕУ КӨМЕГІМЕН УРАНДЫ ӨНДІРУ КЕЗІНДЕ ШАЙМАЛАУШЫ ЕРІТІНДІЛЕРДІҢ КОНТУР СЫРТЫНА ЖАЙЫЛЫҒЫН ЗЕРТТЕУ.....	357
<i>Исахов А.А., Байтүреева А.Р.</i>	
АУАДАҒЫ ПАССИВТІ СКАЛЯР ҚОСПАСЫН ТАРАТЫЛУЫН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ.....	362
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Оспанова Ш.С., Нұрмұханова А.З., Нұғыманова А.О., Нүсіпжан А.</i>	
ЖОҒАРЫ ТУРБУЛЕНТТІЛІКТЕГІ СҰЙЫҚ ОТЫН ТАМШЫЛАРЫНЫҢ БҮРКУ, ДИСПЕРСИЯ ЖӘНЕ ЖАНУ ПРОЦЕСТЕРІН МОДЕЛЬДЕУ.....	370
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Бөлегенова С.Ә., Шортанбаева Ж.Қ., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нұрмұханова А.З.</i>	
СҰЙЫҚ ОТЫН ТАМШЫЛАРЫНЫҢ ЖАНУ ДИНАМИКАСЫ МЕН ДИСПЕРСИЯСЫН КОМПЬЮТЕРЛІК МОДЕЛЬДЕУ.....	374
<i>Асқарова Ә.С., Бөлегенова С.Ә., Бөлегенова С.Ә., Шортанбаева Ж.Қ., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нұрмұханова А.З.</i>	
LES ТУРБУЛЕНТТІЛІКТІ МОДЕЛЬДЕУ ӘДІСІМЕН МЕТАН ГАЗЫНЫҢ ЖАНУЫН САНДЫҚ ЗЕРТТЕУ.....	380
<i>Қашағанова Г.Б., Калижанова А.У.</i>	
МАТЛАВ ЖҮЙЕСІНДЕ ТАЛШЫҚТЫ БРЭГГ ТОРЛАРЫНЫҢ МАТЕМАТИКАЛЫҚ МОДЕЛІН ЖҮЗЕГЕ АСЫРУ.....	384
<i>Есалина А.М., Сүенішбек С.Б., Мұрадов А.Д.</i>	
НАНОДИСПЕРСТІ ШУНГИТ ТОЛТЫРҒЫШЫНЫҢ ПОЛИМЕРЛІ КОМПОЗИТТІК МАТЕРИАЛДЫҢ ЭЛЕКТРЛІК ЖӘНЕ ОПТИКАЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІНЕ ӘСЕРІ.....	391
<i>Коданова С.К., Исанова М.К., Слямova Э.С.</i>	
ТЫҒЫЗ ПЛАЗМАДАҒЫ ИОНДАРДЫҢ ТЕЖЕЛУІН 2D ЖӘНЕ 3D ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ БОЙЫНША ҚҰРАЛ ОРТАСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	396
<i>Коданова С.К., Исанова М.К., Слямova Э.С.</i>	
ТЫҒЫЗ ПЛАЗМАДАҒЫ ИОНДАРДЫҢ ТЕЖЕЛУІН ЕСЕПТЕУ ҮШІН БАҒДАРЛАМАЛЫҚ МОДУЛЬ ҚҰРУ.....	402

<i>Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Исанова М.К., Голятина Р.И., Майоров С.А.</i> МОНТЕ КАРЛО ӘДІСІМЕН ЕСЕПТЕЛГЕН ТЫҒЫЗ ПЛАЗМАДАҒЫ ИОНДАРДЫҢ ТРАЕКТОРИЯСЫН ВИЗУАЛИЗАЦИЯЛАУ .....	407
<i>Тукенова Л.М.</i> НАВЬЕ-СТОКС ТЕНДЕУІНІҢ БАСТАПҚЫ ШЕТТІК ЕСЕБІН ШЕШУДІҢ ЖУЫҚТАУ ӘДІСІ.....	413
<i>Баймахан А. Р., Оразхан Б., Қуттыбекова С., Баймахан Р. Б.</i> ҚҰРЫЛЫС ТІРЕГІ МЕН ФУНДАМЕНТ НЕГІЗІНІҢ АУЫТҚУ МӨЛШЕРІНЕ АЙНАЛАСЫНДАҒЫ СУДА ҚАНЫҚҚАН ТОПЫРАҚТЫҢ ӘСЕРІ.....	418
<i>Маханбеталиева К.Т., Қасымова Ф.Ә., Насыр С., Майрова Ж., Усманова Ұ.</i> ТЕКСТИЛЬ БҰЙЫМДАРЫНЫҢ САПА КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАЙТЫН НОМЕНКЛАТУРАНЫ ТАҢДАУ.....	421
<i>Атабаева М.Қ.</i> ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ГАЗДАРДЫ ТАЗАРТУ ПРОЦЕСІНІҢ АЛГОРИТМІН ҚҰРУ .....	426
<i>Спашиев Н.Б., Балакаева Г.Т.</i> МООК ҮШІН «PYTHON PROGRAMMING» ЭЛЕКТРОНДЫҚ ОҚУЛЫҚТЫ ӨЗІРЛЕУ .....	429
<i>Абдолда Р.А.</i> ЖАСЫРЫН МАРКОВ МОДЕЛІН СИПАТТАП, ОҢТАЙЛЫ КҮЙДІҢ РЕТІН ІЗДЕУ .....	432
<i>Исахов А.А., Кабденова К.К.</i> БІРТЕКТІ ЕМЕС УРБАҢДАЛҒАН АЙМАҚТАРҒА ЖЕЛ ӘСЕРЛЕРІН САНДЫҚ МОДЕЛЬДЕУ .....	437

### **Химия-металлургия ғылымдары**

<i>Мамырбаева К.Қ., Луганов В.А., Оразымбетова С.Д., Шакирова Д.Т., Байгенженов О.С.</i> СУЛЬФАТТЫ ЕРІТІНДІЛЕРДЕН МЫСТЫ МОДИФИКАЦИЯЛАНҒАН ЭКСТРАГЕНТПЕН БӨЛІП АЛУ .....	444
<i>Яхияева Ж.Е., Килибаева С.К., Агапова Л.Я., Әбішева З.С., Алтенова А.Н., Квятковская М.Н., Сукуров Б.М.</i> СУЛЫ ЕРІТІНДІ ЭЛЕКТРОЛИТТЕРІНЕН Ni-Re-W-Mo ҚОРЫТПАСЫН ЭЛЕКТРОЛИЗДІК ТҰНДЫРУ .....	450
<i>Кунгуров А.Р., Үмбетова Ә.Е.</i> СУ ДАЙЫНДАУДЫҢ, АЭРОЗОЛЬДЫҚ СУАРУДЫҢ ЖӘНЕ СҰЙЫҚ ТЫҢАЙТҚЫШТАРМЕН ҚОПСЫТУДЫҢ БІРЛЕСКЕН ҮДЕРІСТЕРІНІҢ ТИІМДІ ҮЛГІСІ.....	455
<i>Сейітқазиев Ә.С.</i> ТОПЫРАҚТЫҢ ҚАЛЫПТАСУЫНА БАЙЛАНЫСТЫ СУҒАРМАЛЫ ЖЕРЛЕРДІҢ ИНТЕГРАЛДЫҚ КӨРСЕТКІШТЕРІН АНЫҚТАУ .....	460
<i>Молдабекова М.С., Карбозов Д.С.</i> ЖҮЙЕАРАЛЫҚ ЭЛЕКТР ЖЕЛІЛЕРІНІҢ ЭЛЕКТР ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ ЖЫЛУКӨРІНІСТІГІН ДИАГНОСТИКАЛАУ .....	464

## СОДЕРЖАНИЕ

### Науки о Земле

<i>Байсалова А.О.</i> ОСОБЕННОСТИ АЛЬБИТИТОВ И МЕТАСОМАТИТОВ ВЕРХНЕЭСПИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ.....	3
<i>Алтаева А.А., Кашиников Ю.А.</i> ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ СДВИЖЕНИЯ ЗЕМНОЙ ПОВЕРХНОСТИ И ГОРНЫХ ПОРОД, ПРИМЕНЯЕМЫХ НА РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ	7
<i>Абетов А.Е., Ниязова А.Т., Абетова С.А.</i> КОРРЕЛЯЦИЯ АНОМАЛИЙ ГРАВИТАЦИОННОГО И ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЕЙ В ПРЕДЕЛАХ КРУПНЫХ ГЕОСТРУКТУР СЕВЕРО-УСТЮРТСКОГО РЕГИОНА.....	10
<i>Ибырханов Т.С.</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ МЕТОДИКИ ПОДСЧЕТА ПРОМЫШЛЕННЫХ ЗАПАСОВ ТВЕРДЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ.....	19
<i>Порядин В.И., Аденова Д.К.</i> ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ВОДООБМЕНА ПРИТАШКЕНТСКОГО ТРАНСГРАНИЧНОГО ВОДОНОСНОГО ГОРИЗОНТА.....	24
<i>Ажгалиев Д.К.</i> НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРИОРИТЕТНЫЕ ОБЪЕКТЫ В ПАЛЕОЗОЙСКОМ КОМПЛЕКСЕ ПРИКАСПИЙСКОЙ ВПАДИНЫ.....	30
<i>Муртазин Е., Байкадамова А., Кисмельева Б.</i> КОМПЛЕКСНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМАЛЬНЫХ ВОД СКВАЖИНЫ 3-Т ЖАРКЕНТСКОЙ ВПАДИНЫ.....	37
<i>Сапаров К.Т., Женсикбаева Н.Ж., Кабдрахманова Н.К., Шарипиева Ш. А.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ БЛАГОПРИЯТНОСТИ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ ЮЖНОГО АЛТАЯ...	45

### Технические науки

<i>Никитина Ю.Г., Поезжаев И.П., Мырзабек Г.А., Разуваева Т.В., Алибаева К.А.</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМ ВСКРЫТИЯ ГЕОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПОЛИГОНОВ ДЛЯ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА ДОБЫЧУ УРАНА.....	54
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДАВЛЕНИЯ НА ПРОЦЕССЫ ВОСПЛАМЕНЕНИЯ И ГОРЕНИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОГО ТОПЛИВА В КАМЕРЕ СГОРАНИЯ.....	62
<i>Амангелдиев К.Б., Уразова З.Ж., Коваленко Б.Б., Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Пердалы Ж.Б.</i> КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ.....	66
<i>Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина</i> ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ РЕСУРСОВ – ОСНОВА РАЗВИТИЯ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	67
<i>Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров К.А.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ МОБИЛЬНОГО УСТРОЙСТВА.....	71
<i>Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИМ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИМ КОМПЛЕКСОМ.....	77
<i>Ратов Б.Т., Федоров Б.В., Коргасбеков Д.Р., Утепов З.Г.,</i> РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ УСТРОЙСТВА ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ПРОДУКТИВНЫХ ПЛАСТОВ.....	82
<i>Амиргалиев Б.Е., Куатов К.К.</i> МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКСЕЛЕРОМЕТРА И GPS .....	86
<i>Цинке Х.П., Елемесов К.К., Столповских И.Н., Ахметова М.И.</i> ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ НА ИХ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ.....	92

<i>Мурадов А.Д., Сандыбаев Е.Е.</i> ОСОБЕННОСТИ ИЗМЕНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОЛИИМИДНЫХ ПЛЕНОК КАК СЛЕДСТВИЕ ВВЕДЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ НАПОЛНИТЕЛЕЙ И ЭЛЕКТРОННОГО ОБЛУЧЕНИЯ.....	102
<i>Генбач А.А., Рахимжанова С.Э.</i> РАЗРАБОТКА КАПИЛЛЯРНО-ПОРИСТОГО ПЫЛЕГАЗОУЛОВИТЕЛЯ С ВЫСОКОИНТЕНСИВНЫМИ ПАРО(ВОЗДУХО)-ГЕНЕРИРУЮЩИМИ И ГАСЯЩИМИ СТРУКТУРАМИ.....	108
<i>Нурабаева Л.С.</i> ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ ОБРАЗОВАНИЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ КУЛЬТУРА НАСЕЛЕНИЯ.....	113
<i>Нурабаева Л.С.</i> ТЕХНОЛОГИЯ ПРОБЛЕМНОГО ОБУЧЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ ГЕОГРАФИИ.....	116
<i>Муханова Н.З., Данлыбаева А.К., Нурмуханова А.З., Куйкабаева А.А., Оспанова Ш.С., Усербаева М.А., Пердалы Ж.Б.</i> РЕКОНСТРУКЦИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ НА ОСНОВЕ ГАЗОТУРБИННЫХ УСТАНОВОК.....	121
<i>Уразова З.Ж., Амангелдиев К.Б., Сергеева И.Г., Нурмуханова А.З., Оспанова Ш.С., Усербаева М.А.</i> АНАЛИЗ И ОЦЕНКА МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА СЕРТИФИКАЦИИ И СТАНДАРТИЗАЦИИ.....	127
<i>Генбач А.А., Бондарцев Д.Ю.</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛОХОПРОВОДНЫХ МАЛОПОРИСТЫХ КАПИЛЛЯРНЫХ ПОКРЫТИЙ И ПАРОГЕНЕРИРУЮЩИХ ТЕПЛООБМЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЭЛЕМЕНТОВ ТЕПЛОЭНЕРГОУСТАНОВОК.....	129
<i>Жамбакина З.М., Жакулин А.С., Жакулина А.А.</i> НАПРЯЖЕННО -ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ ОТКОСА СКЛОНА.....	137
<i>Серік Н.Ғ.</i> ТЕПЛОВЫЕ РЕЖИМЫ И СВЕТОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ СВЕТОДИОДНОГО СВЕТИЛЬНИКА НА ОСНОВЕ ТЕПЛОВОЙ ТРУБЫ.....	142
<i>Асет Б. Хабдуллин, З.К. Хабдуллина, Арман Б. Хабдуллин, Г.А. Хабдуллина</i> АНАЛИЗ МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	146
<i>Танашев С.Т., Идирисов М.Ж., Калдыгзовов Е.К., Албаева Ж.Т., Танашев А.С., Жолдасбек А.М.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА ВАКУУМНОГО ГАЗОЙЛЯ КЫЗЫЛКИЯНСКОЙ НЕФТИ С ДОБАВКОЙ ЛЕГКОЙ ГАЗОЙЛЕВОЙ ФРАКЦИИ НЕФТЕБИТУМИНОЗНЫХ ПОРОД.....	151
<i>Калдыгзовов Е.К., Калдыгзовов А.Е., Танашев С.Т., Идирисов М.Д., Албаева Ж.Т., Джунуспеков Н.Е.</i> ПЕРЕРАБОТКА СМЕСЕЙ ТЕНГИЗСКОЙ И КУМКОЛЬСКОЙ НЕФТЕЙ С ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЕ ТОВАРНЫХ НЕФТЕПРОДУКТОВ.....	156
<i>Дараев А.М., Джунусов Н.А., Ибекеев С.Е.</i> АНАЛИЗ ВНЕШНИХ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СЛЕДЯЩИЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ.....	159
<i>Дараев А.М., Джунусов Н.А., Ибекеев С.Е.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ХАРАКТЕРА УПРУГИХ КОЛЕБАНИЙ В ЭЛЕКТРОПРИВОДЕ СОЛНЕЧНЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СТАНЦИЙ.....	165
<i>Жаркевич О.М., Нуржанова О.А., Жунуспеков Д.С., Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.</i> ВОССТАНОВЛЕНИЕ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ.....	171
<i>Исагулов А.З., Куликов В.Ю., Квон Св.С., Аринова С.К.</i> ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАВИСИМОСТИ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ОТ ТЕМПЕРАТУРЫ СТАЛИ ЭИ 867.....	177
<i>Бекбай А., Бигалиева Ж.С.</i> СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЁТОМ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ НА ОСНОВЕ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ЛИНЕЙНОГО МЕТОДА.....	181
<i>Жолдубаева Ж.Д., Набоко Е.П., Смагулова Ж.Б.</i> РАФИНИРОВАНИЕ ЦИНКА ФИЛЬТРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ.....	187
<i>Бурумбаева Г.Р., Дюсова Р.М., Сейтенова Г.Ж., Ивашкина Е.Н.</i> ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЫХОДА И КАЧЕСТВА ПРОДУКТОВ С УСТАНОВКИ КАТАЛИТИЧЕСКОГО КРЕКИНГА С УЧЕТОМ ГРУППОВОГО СОСТАВА ВАКУУМНОГО ДИСТИЛЛЯТА .....	190

<i>Сапарходжаев Н. П., Мукашева А.К.</i>	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ БОЛЬНЫХ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ BIGDATA НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН.....	193
<i>Сейтбеков Ж.С., Сарсенбеков Т.К., Козлов В.А., Көккөзов Д.Қ.</i>	
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ РАЗЛИЧНОГО ТИТАНСОДЕРЖАЩЕГО СЫРЬЯ ХЛОРИРОВАНИЕМ В РАСПЛАВЕ СОЛЕЙ.....	198
<i>Дюсова Р.М., Бурумбаева Г.Р., Сейтенова Г.Ж., Иванчина Э.Д.</i>	
УГЛУБЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА ТОВАРНЫХ БЕНЗИНОВ НА НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕМ ЗАВОДЕ .....	203
<i>Досмаканбетова А.А., Оспанов Б.О., Сейткасимова Л.А., Пазилова Г.Д., Ибрагимова З.А.</i>	
ВЛИЯНИЕ СОРТОВЫХ И СЕЗОННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ДЫНИ НА КАЧЕСТВО ПРОДУКТОВ ПОЛУЧАЕМЫХ ИЗ НЕЕ .....	207
<i>Куанышбеков Т.К., Тулегенова М.А., Гусейнов Н.Р., Озюлмаз Б., Ильин А.М.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ СТАБИЛЬНОСТИ ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ НА ОСНОВЕ ОКСИДА ГРАФЕНА...	210
<i>Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.</i>	
ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА СГКР.....	213
<i>Боранбай М.Н., Сапарходжаев Н.П., Айдаров К.А.</i>	
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ПАДЕНИЯ НА ОСНОВЕ СМАРТФОНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКОЙ СЕТИ ПЕТРИ.....	218
<i>Кайралиева Т., Айдарова С.Б., Макиевский А.В., Файнерман В.Б., Миллер Р.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНОГО ВЕЩЕСТВА ПРИ АДСОРБЦИИ НА ПОВЕРХНОСТЬ КАПЛИ ПРИ ИЗМЕРЕНИЯХ МЕТОДОМ КАПЕЛЬНОЙ ТЕНЗИОМЕТРИИ.....	223
<i>Серик Н.Г., Токмолдин С.Ж.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ <i>p-n</i> ПЕРЕХОДА В ГЕТЕРОСТРУКТУРЕ СВЕРХЯРКОГО СВЕТОДИОДА НА СТЕНДЕ НЕО 200.....	229
<i>Измелеуова М.С., Тагаев М.Е.</i>	
ВНЕДРЕНИЕ NFC ТЕХНОЛОГИЙ В РАБОТУ КОНТЕЙНЕРНОГО ТЕРМИНАЛА.....	233
<i>Абилов А.А., Мусаев Р.А., Мырзабек Г.А., Тунгатарова М.С.</i>	
АНАЛИЗ ИЗВЛЕКАЕМОСТИ РУД ПРОБЛЕМНЫХ БЛОКОВ ПРИ ПСВ УРАНА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОГО КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	237
<i>Лесбаев А.Б., Манакон С., Смагулова Г.Т., Ким С., Элоади Б., Гусейнов Н., Немжаева Р.</i>	
СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОЧАСТИЦ МАГНЕТИТА - Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> , ПОЛУЧЕННЫХ МЕТОДОМ ЖИДКОФАЗНОГО ГОРЕНИЯ.....	242
<i>Кашаганова Г.Б., Вуйцик В., Калижанова А.У., Козбакова А.Х.</i>	
ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКИЕ ДАТЧИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ.....	249
<i>Асет Б. Хабдуллин, Хабдуллина З.К., Арман Б. Хабдуллин, Хабдуллина Г.А.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ И ГЕОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ.....	253
<i>Чжан Кеян, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ УСТРОЙСТВА ПРОЧНОГО СОСТАВА DHPRS ПРИ СОДЕРЖАНИИ АСФАЛЬТОБЕТОННОГО ПОКРЫТИЯ .....	259
<i>Нұржақыт Е.Е.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОПОРАТИВНЫМ КОНТЕНТОМ IBM FILENET.....	265
<i>Увалиева И.М., Нурумов Ж.Ж., Смаканов Б.С.</i>	
РАЗРАБОТКА И РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ ДИАГНОСТИКИ АВТОМОБИЛЕЙ.....	268
<i>Садыбек А.В.</i>	
ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРОТОКОЛОВ.....	277
<i>Сейтказиев А.С., Шилибек К.К.</i>	
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛИ МЕЛИОРАТИВНОЙ ГИДРОХИМИИ МЕТОДОМ ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКОЙ ГИДРОДИНАМИКИ.....	280
<i>Нысанов Е.А., Куракбаева С.Д., Махатова А.Х., Кожабекова А.Е., Куракбаев А.Д.</i>	
СОЗДАНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ МЕТОДАМИ АППРОКСИМАЦИЙ В СРЕДАХ MATHCAD И DELPHI.....	286
<i>Курбаниязов</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН ТУРКЕСТАНСКОГО С.К. РЕГИОНА ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА.....	291
<i>Канапияева Н.Е., Сакиева З.Ж., Алмаганбетова А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ КИСЛОМОЛОЧНЫХ БАКТЕРИЙ, ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ.....	297



<i>Узаков Я. М., Таева А. М., Медеубаева Ж.М., Макангали К. К., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ЦЕННОСТИ ВЕРБЛЮЖАТИНЫ.....	299
<i>Ұзақов Я. М., Матибаева А. И., Желеуова Ж.С., Даулетханқызы А., Туганбай Е.К.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ БАРАНИНЫ.....	304
<i>Алияров Б.К., Тұрар А.Б.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МИКРО ГЭС С ВЕТРОВЫМ АГРЕГАТОМ.....	309
<i>Абдрахманова Н.Т.</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ ОЛИВИНОВОГО ПЕСКА ДЛЯ ОБЛИЦОВОЧНОЙ СМЕСИ.....	311
<i>Абеустанова А.Н.</i>	
ОПРЕДЕЛЕНИЕ НЕПРАВИЛЬНЫХ КАЗАХСКИХ СЛОВ И ПОСТРОЕНИЕ СМЫСЛОВЫХ КАТАЛОГОВ ДЛЯ ПЕРЕВЕДЕННЫХ С АНГЛИЙСКОГО НА КАЗАХСКИЙ ЯЗЫК ПРЕДЛОЖЕНИИ.....	313
<i>Муратов А.Д., Естанова Ш.Е., Камалова Ф.П., Сарсенбаев А.Б.</i>	
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ И ДОЗЫ ГАММА ОБЛУЧЕНИЯ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ «ПОЛИИМИД–УВа <sub>2</sub> Сu <sub>3</sub> О <sub>6+х</sub> ».....	317
<i>Шарипов К.О, Булыгин К.А., Батырбаева А.А., Мекесова П.А.</i>	
ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ РЕГИОНОВ И ВЫЯВЛЕНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОЗОВ НА ОСНОВЕ ЭЛЕМЕНТНОГО СОСТАВА ВОЛОС.....	322
<i>Шарипов К.О., Батырбаева А.А., Нармаганбетова Д.Е.</i>	
МУЛЬТИОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ В ДИАГНОСТИКЕ И МОНИТОРИНГЕ ПАЦИЕНТОВ.....	326
<i>Толеубекова Л. А.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СПЛАВА НА КОРОНКАХ ЗУБЬЕВ КОВША ЭКСКАВАТОРА .....	331
<i>Жумагалиев Е.Е.</i>	
ЛИТЫЕ ЧУГУННЫЕ МЕЛЮЩИЕ ШАРЫ ДЛЯ ПОМОЛА МАТЕРИАЛОВ.....	334
<i>Каримова А. М. Аманжолов Е. Т.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕРМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ УГЛЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ «САРЯДЫР» ПРИ НАГРЕВАНИИ.....	337

#### Физико-математические науки

<i>Калыкова Г.М., Светлакова К.Р., Беляев Е.К.</i>	
ПОВЫШЕНИЕ ОТРАБОТКИ БЛОКОВ УРАНОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ КАРТИРОВАНИЯ И МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	340
<i>Башеева А.О.</i>	
О БАЗИСАХ КВАЗИТОЖДЕСТВ ТОЧЕЧНЫХ АБЕЛЕВЫХ ГРУПП.....	346
<i>Немкаева Р.Р., Гусейнов Н.Р., Мырзабекова М.М., Габдуллин М.Т.</i>	
ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ ВОССТАНОВЛЕННОГО ОКСИДА ГРАФЕНА ПОД ДЕЙСТВИЕМ УЛЬТРАФИОЛЕТА И ОБЛУЧЕНИЯ .....	351
<i>Салаватов Т.И., Поезжаев И.П., Алибаева К.А.</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНТУРНОГО РАСТЕКАНИЯ ВЫЩЕЛАЧИВАЮЩИХ РАСТВОРОВ ПРИ ДОБЫЧЕ УРАНА С ПОМОЩЬЮ МОДЕЛИРОВАНИЯ ГИДРОДИНАМИКИ.....	357
<i>Исахов А.А., Байтуреева А.Р.</i>	
ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПАССИВНОЙ СКАЛЯРНОЙ ПРИМЕСИ В ВОЗДУШНОЙ СРЕДЕ.....	362
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З., Нұғыманова А.О., Нүсіпжан А.</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РАСПЫЛА, ДИСПЕРСИИ И ГОРЕНИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОГО ТОПЛИВА ПРИ ВЫСОКОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	370
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К., Максимов В.Ю. Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.</i>	
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ГОРЕНИЯ И ДИСПЕРСИЯ КАПЕЛЬ ЖИДКОГО ТОПЛИВА.....	374
<i>Аскарова А.С., Болегенова С.А., Болегенова С.А., Шортанбаева Ж.К., Максимов В.Ю., Оспанова Ш.С., Нурмуханова А.З.</i>	
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГОРЕНИЯ МЕТАНА МЕТОДОМ LES МОДЕЛИРОВАНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ.....	380

<i>Кашигаганова Г.Б., Калижанова А.У.</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ВОЛОКОННОЙ РЕШЕТКИ БРЭГГА ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ В СРЕДЕ МАТЛАВ.....	384
<i>Есалина А.М., Суенишбек С.Б., Мурадов А.Д.</i> ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ НАПОЛНИТЕЛЯ ИЗ НАНОДИСПЕРСНОГО ШУНГИТА НА ОПТИЧЕСКИЕ И ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПОЛИМЕРНОГО КОМПОЗИТНОГО МАТЕРИАЛА.....	391
<i>Коданова С.К., Исанова М.К., Слямова Э.С.</i> РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ СРЕДЫ ПО 2D И 3D ВИЗУАЛИЗАЦИИ ТОРМОЖЕНИЯ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ.....	396
<i>Коданова С.К., Исанова М.К., Слямова Э.С.</i> СОЗДАНИЕ ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ПО РАСЧЕТУ ТОРМОЖЕНИЯ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ.....	402
<i>Коданова С.К., Рамазанов Т.С., Исанова М.К., Голятина Р.И., Майоров С.А.</i> ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ТРАЕКТОРИЙ ИОНОВ В ПЛОТНОЙ ПЛАЗМЕ, РАССЧИТАННЫХ МЕТОДОМ МОНТЕ КАРЛО.....	407
<i>Тукенова Л.М.</i> ОБ ОДНОМ ПРИБЛИЖЕННОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ НАЧАЛЬНО-КРАЕВОЙ ЗАДАЧИ УРАВНЕНИЙ НАВЬЕ-СТОКСА.....	413
<i>Баймахан А.Р., Оразхан Б., Куттыбекова С., Баймахан Р.Б.</i> О ВЛИЯНИИ ВОДОНАСЫЩЕННОСТИ ГРУНТА ВОКРУГ ФУНДАМЕНТНОГО ОСНОВАНИЯ НА ВЕЛИЧИНУ ДЕФОРМАЦИИ И КРЕНА ЗДАНИЯ .....	418
<i>Маханбеталиева К.Т., Касымова Ф.Э., Насыр С., Майрова Ж., Усманова У.</i> ВЫБОР НОМЕНКЛАТУРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩЕЙ ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ТЕКСТИЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	421
<i>Атабаева М.К.</i> РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ДЛЯ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ.....	426
<i>Спашев Н.Б., Балакаева Г.Т.</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОГО УЧЕБНИКА «ПРОГРАММИРОВАНИЕ НА PYTHON» ДЛЯ МООК.....	429
<i>Абдолда Р.А.</i> ОПИСАНИЕ СКРЫТОЙ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ И ЕЕ ОПТИМАЛЬНОЕ ПОЛОЖЕНИЕ.....	432
<i>Исахов А.А., Кабденова К.К.</i> ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА УРБАНИЗИРОВАННУЮ ТЕРРИТОРИЮ ПРИ НЕОДНОРОДНОМ РЕЛЬЕФЕ МЕСТНОСТИ.....	437

#### **Химико-металлургические науки**

<i>Мамырбаева К.К., Луганов В.А., Оразымбетова С.Д., Шакирова Д.Т., Байгенженев О.С.</i> ВЫДЕЛЕНИЕ МЕДИ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЭКСТРАГЕНТАМИ ИЗ СУЛЬФАТНЫХ РАСТВОРОВ .....	444
<i>Яхияева Ж.Е., Килибаева С.К., Агапова Л.Я., Абишева З.С., Алтенова А.Н., Квятковская М.Н., Сукуров Б.М.</i> ЭЛЕКТРОЛИТИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ СПЛАВОВ Ni-Re-W-Mo ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ЭЛЕКТРОЛИТОВ .....	450
<i>Кунгуров А.Р., Умбетова Э.Е.</i> РАЦИОНАЛЬНАЯ СХЕМА СОВМЕЩЁННЫХ ПРОЦЕССОВ ВОДОПОДГОТОВКИ, АЭРОЗОЛЬНОГО ОРОШЕНИЯ И ФЕРТИГАЦИИ.....	455
<i>Сейтказиев А.С.</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНТЕГРАЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОРОШАЕМЫХ ЗЕМЕЛЬ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЧВ.....	460
<i>Молдабекова М.С., Карбозов Д.С.</i> ТЕПЛОВИЗИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ МЕЖСИСТЕМНЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ.....	464

## CONTENTS

### Earth sciences

<i>Baisalova A.O.</i> CHARACTERISTICS OF ALBITITES AND METASOMATITES OF THE VERKHNEE ESPE DEPOSIT.....	3
<i>Altaeva A.A., Kashnikov Yu.A.</i> REVIEW OF ANALYTICAL METHODS FOR CALCULATING THE PARAMETERS OF DISPLACEMENT OF THE EARTH'S SURFACE AND ROCKS USED IN ORE DEPOSITS.....	7
<i>Abetov A., Niyazova A., Abetova C.</i> CORRELATION OF ANOMALIES GRAVITATIONAL AND GEOMAGNETIC FIELDS WITHIN MAJOR GEOSTRUCTURES OF NORTH USTYURT REGION.....	10
<i>Ibyrkhanov T.S.</i> MODERNIZATION OF THE METHOD OF COUNTING INDUSTRIAL RESERVES OF SOLID MINERAL RESOURCES.....	19
<i>Poryadin V.I., Adenova D.K.</i> ASSESSING THE INTENSITY OF WATER EXCHANGE PRETASHKENT TRANSBOUNDARY AQUIFER.....	24
<i>Azhgaliev D.K.</i> NEW AREAS OF STUDY AND THE PRIORITY ITEMS IN THE PALEOZOIC COMPLEX OF THE CASPIAN BASIN.....	30
<i>Murtazin Ye., Baikadamova A., Kismelyeva B.</i> THE INTEGRATED USE OF THERMAL WATERS WELLS 3-T ZHARKENT DEPRESSION.....	37
<i>Saparov K. T., Zhensikbayeva N.Zh., Kabdrakhmanova N.K., Sharapiyeva Sh.A.</i> DEFINITION OF DEGREE OF USEFULNESS OF WATER OBJECTS OF SOUTHERN ALTAI.....	45

### Technical sciences

<i>Nikitina Y., Poezjayev I., Myrzabek G., Razuvaeva T., Alibaeva K.</i> IMPROVEMENT OF OPENING SCHEMES GEOTECHNICAL POLYGONS TO OPTIMIZE THE COST OF PRODUCTION OF URANIUM.....	54
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.</i> <i>Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.</i> NUMERICAL MODELING OF PRESSURE INFLUENCE ON IGNITION AND COMBUSTION PROCESSES OF DROPS OF LIQUID FUEL IN THE COMBUSTION CHAMBER.....	62
<i>Amangeldiyev K.B., Urazova Z.Zh., Kovalenko B. B., Nurmukhanova A.Z., Ospanova Sh.S., Perdali J.B.</i> INTEGRATED APPROACH TO QUALITY MANAGEMENT.....	66
<i>Khabdullin Asset B., Khabdullina Z.K., Khabdullin Arman B., Khabdullina G.A.</i> ENERGY SAVING OF RESOURCES – A BASIS OF DEVELOPMENT OF ECONOMY OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	67
<i>Boranbay M.N., Saparhodzhaev N.P., Aydarov K.A.</i> THE USE OF FUZZY LOGIC FOR A MOBILE DEVICE.....	71
<i>Asset B. Khabdullin, Z.K. Khabdullina, Arman B. Khabdullin, G. A. Khabdullina</i> DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM OF FUNCTIONING OF SYSTEM AUTOMATED MANAGEMENT OF AN ELECTROTECHNICAL AND GEOMECHANICAL COMPLEX.....	77
<i>Ratov B.T., Fedorov B.V., Korgasbekov DR, Z.G. Utepov</i> RESULTS OF PRODUCTION TESTS OF DEVICE FOR DEVELOPMENT OF PRODUCTIVE PLASTS.....	82
<i>Amirgaliyev B.Y., Kuvatov K.K.</i> METHOD FOR ESTIMATION OF THE DIRECTION OF MOTION OF VEHICLE USING ACCELEROMETER AND GPS.....	86
<i>Zinke H.P., Elemesov K.K., Stolpovskikh I.N., Akhmetova M.I.</i> INFLUENCE OF DESIGN FEATURES OF HYDRAULIC EXCAVATORS ON THEIR PRODUCTIVITY.....	92
<i>Muradov A.D., Sandybayev E.E.</i> FEATURES OF THE CHANGE IN THE MECHANICAL PROPERTIES OF COMPOSITE POLYIMIDE FILMS AS A RESULT OF THE INTRODUCTION OF VARIOUS FILLERS AND THE EFFECT OF ELECTRON IRRADIATION.....	102

<i>Genbach A.A., Rakhimzhanova S.E.</i>	
DEVELOPMENT OF A CAPILLARY-POROUS DUST AND GAS TRAP WITH HIGH-INTENSITY STEAM (AIR) -GENERATING AND QUENCHING STRUCTURES.....	108
<i>Nurabaeva L.S.</i>	
ECOLOGICAL EDUCATION AND ECOLOGICAL CULTURE OF THE POPULATION.....	113
<i>Nurabaeva L.S.</i>	
TECHNOLOGY OF PROBLEMATIC TEACHING PHYSICAL GEOGRAPHY.....	116
<i>Mukhanova N.Z., Danlybaeva A.K., Nurmukhanova A.Z., Kuykabaeva A.A., Ospanova Sh.S., Userbaeva M.A., Perdali J.B.</i>	
INSTALLATION ON ELECTRICAL STATIONS COMBINED CYCLE GAS TURBINE AND GAS TURBINE UNITS.....	121
<i>Urazova Z.Zh., Amangeldiyev K.B., Sergeeva I.G., Nurmukhanova A.Z., Ospanova Sh.S., Userbaeva M. A.</i>	
ANALYSIS AND ASSESSMENT OF INTERNATIONAL EXPERIENCE OF CERTIFICATION AND STANDARDIZATION.....	127
<i>Genbach A.A , Bondartsev D.Yu</i>	
MODELING OF POORLY CONDUCTIVE LOW-POROUS CAPILLARY COATINGS AND STEAM-GENERATING HEAT-EXCHANGE SURFACES OF ELEMENTS OF THERMAL POWER PLANTS.....	129
<i>Zhambakina Z., Zhakulin A., Zhakulina A.</i>	
ANALYSIS OF STRESS STRAIN STATE OF REPOSE.....	137
<i>Serik N.G.</i>	
THERMAL MODES AND LIGHT CHARACTERISTICS OF THE COOLING SYSTEM OF THE LED LAMP BASED ON THE THERMAL PIPE.....	142
<i>Khabdullin Asset B., Khabdullina Z.K., Khabdullin Arman B., Khabdullina G.A .</i>	
ANALYSIS OF MODELING OF SYSTEMS OF POWER SUPPLY OF GEOMECHANICAL COMPLEXES.....	146
<i>Tanashev S.T., Idirisov M.Dq., Kaldkozov E.K , Albaeva Zh.T., Tanashev A.S. Zholdasbek A.M</i>	
INVESTIGATION OF THE PROCESS OF CATALYTIC CRACKING OF VACUUM GAS OIL OF KYZYLKIY OIL WITH ADDITION OF LIGHT GAS OIL FRACTION OF PETROLEUM BITUMINOUS ROCKS.....	151
<i>Kaldkozov E.K., Kaldkozov A., Tanashev A.S., Idrisov M.D., Albaeva Zh.T., Dzhusupbekov N.E.</i>	
REFINING THE MIXTURES OF TENGIZ AND KUMKOL'S OIL TO PRODUCE COMMERCIAL PETROLEUM PRODUCTS.....	156
<i>Daraev A.M. Dgynysov N.A. Ibekeev S.E.</i>	
ANALYSIS OF EXTERNAL DISTURBING IMPACTS ON THE FOLLOWING ELECTRIC DRIVE OF SOLAR PHOTOELECTRIC STATIONS.....	159
<i>Daraev A.M., Dgynysov N.A., Ibekeev S.E.</i>	
RESEARCH OF THE CHARACTER OF ELASTIC OSCILLATIONS IN THE ELECTRIC DRIVE OF SOLAR PHOTOELECTRIC STATIONS.....	165
<i>Zharkevich O.M., Nurzhanova O.A., Zhunuspecov D.S., Kulikov V.Yu., Zharkevich O.M., Prokhorko K.N.</i>	
RESTORATION OF AGRICULTURAL MACHINERY HULL PARTS .....	171
<i>Issagulov A.Z., Kulikov V.Yu., Kvon Sv.S., Arinova S.K.</i>	
INVESTIGATIONS OF MECHANICAL PROPERTIES DEPENDING ON THE TEMPERATURE OF STEEL EI 867.....	177
<i>Bekbay A.T., Bigaliev Zh. S.</i>	
SYNTHESIS OF CONTROL ALGORITHMS FOR VERTICAL TAKE-OFF AND LANDING AIRCRAFT ON THE BASIS OF MODERNIZED LINEAR METHOD.....	181
<i>Zholdubayeva Zh.D., Naboko Y.P., Smagulova Zh.B.</i>	
REFINING ZINC BY FILTRATION METHOD.....	187
<i>Burunbayeva G.R., Dyussova R.M., Seitenova G.Zh., Ivashkina E.N.</i>	
PROGNOSTICATION OF THE YIELD AND QUALITY OF PRODUCTS FROM THE CATALYTIC CRACKING UNIT, TAKING INTO ACCOUNT THE GROUP COMPOSITION OF THE VACUUM DISTILLATE.....	190
<i>Saparkhojayev N. P., Mukasheva A.K.</i>	
DEVELOPMENT OF PATIENTS' SYSTEM BASED ON BIGDATA TECHNOLOGY IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN.....	193
<i>Seitbekov J.S., Sarsenbekov T.K., Kozlov V.A., Kokkozov D.K.</i>	
DEVELOPMENT OF VARIOUS PROCESSING TECHNOLOGY TITANE-CONTAINING RAW MATERIAL BY CHLORINATION IN SALT MELT.....	198

<i>Dyussova R.M., Burunbayeva G.R., Seitenova G.Zh., Ivanchina E.D.</i> THE INTENSIFICATION OF THE PRODUCTION OF COMMERCIAL GASOLINE AT THE REFINERY.....	203
<i>Dosmakanbetova A., Ospanov B., Seitkasimova L., Pazilova G., Ibragimova Z.C.</i> THE INFLUENCE OF VARIETAL AND SEASONAL VARIATIONS OF MELON ON THE QUALITY OF PRODUCED GOODS.....	207
<i>Kuanyshbekov T.K., Tulegenova M.A., Guseinov N.R., Özyilmaz B., Ilyin A.M</i> STUDY OF STABILITY OF HUMIDITY SENSOR BASED ON GRAPHENE OXIDE.....	210
<i>Куликов В.Ю., Жаркевич О.М., Прохорко К.Н.</i> ОПТИМИЗАЦИЯ РАБОТЫ ЦЕПНОГО КОНВЕЙЕРА СГКР.....	213
<i>Boranbay M.N., Saparhodzhaev N.P., Aydarov K.A.</i> DESIGNING A SMARTPHONE-BASED DROP DETECTION SYSTEM USING AN FUZZY PETRI NETWORK.....	218
<i>Kairalieva T., Aidarova S.B., Makievsky A.V., Finerman V.B., Miller R.</i> DETERMINATION OF THE REDUCTION OF THE CONCENTRATION OF THE SURFACE- ACTIVE SUBSTANCE BY ADSORPTION ON THE SURFACE OF THE DROP DURING MEASUREMENTS BY DROP METHOD OF DENSOIOMETRY.....	223
<i>Serik N.G., Tokmoldin.S.</i> DEFINITION OF TEMPERATURE TRANSITION P-N HETEROSTRUCTURE HIGH- BRIGHTNESS LEDS ON THE STAND HEO 200.....	229
<i>Izteleuova M.S., Tagaev M.E.</i> IMP LEMENTATION OF NFC TECHNOLOGIES IN THE WORK OF THE CONTAINER TERMINAL.....	233
<i>Abilov A., Musayev R., Myrzabek G., Tungatarova M.</i> ANALYSIS OF COMPLICATED BLOCKS ORE RECOVABILITY AT IN-SITU LEACHING OF URANIUM USING HYDRODYNAMIC COMPUTER MODELING.....	237
<i>Lesbayev A.B., Manakov S., Smagulova G.T., Kim S., Elouadi B., Guseinov N., Nemkaeva R.</i> SYNTHESIS AND INVESTIGATION OF $Fe_3O_4$ -MAGNETITE NANOPARTICLES OBTAINED BY SOLUTION COMBUSTION METHOD.....	242
<i>Kashaganova G., Wojcik W., Kalizhanova A.U., Kozbakova A.</i> FIBER OPTIC TEMPERATURE SENSORS.....	249
<i>Asset B. Khabdullin, Z.K. Khabdullina, Arman B. Khabdullin, G.A. Khabdullina</i> MATHEMATICAL MODELING OF PROCESSES OF MINING TECHNOLOGICAL COMPLEXES..	253
<i>Чжан Кецянь, Хань Чао, Аспанбетов Даулет, Ли Дунбяо, Ху Миньцзе</i> APPLICATION RESEARCH OF DURABLE AND HIGH PERMEABLE SEAL TECHNIQUES IN MAINTENANCE OF ASPHALT PAVEMENT.....	259
<i>Нұржақып Е.Е.</i> CHARACTERISTICS OF CONTROL SYSTEM OF CORPORATE CONTENT IBM FILENET.....	265
<i>Uvalieva I.M., Nurumov Zh.Zh., Smakanov B.S.</i> DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AUTOMOBILE DIAGNOSIS MODEL.....	268
<i>Садыбек А.В.</i> CHARACTERISTICS OF THE ELECTRONIC PROTOCOL SYSTEM.....	277
<i>Seytkaziev A.S., Shilibek K.K.</i> MATHEMATICAL MODELING INDICATORS OF MELIORATIVE HYDROCHEMISTRY BY THE METHOD OF PHYSICAL AND CHEMICAL HYDRODYNAMICS.....	280
<i>Nysanov E.A., Kurakbayeva S.D., Mahatova A.H., Kozhabekova A.E., Kurakbayev A.D.</i> CREATION OF APPLICATION PROGRAMS FOR DATA PROCESSING BY APPROXIMATION METHODS IN MATHCAD AND DELPHI ENVIRONMENTS.....	286
<i>Kurbaniyazov S.K.</i> RESEARCH THE VARIOUS PROPERTIES OF BENTONITE CLAYS OF THE TURKESTAN REGION FOR OBTAINING A BUILDING MATERIAL.....	291
<i>Капарияева N.E., Sakieva Z.Zh., Almaganbetova A.</i> STUDY OF FERMENTED BACTERIA, THEIR IMPACT ON HUMAN HEALTH AND ENVIRONMENT.....	297
<i>Узаков Я. М., Таева А. М., Медеубаева Ж.М., Макангали К. К., Сатаева Ж.И., Агитаев А. А.</i> INVESTIGATION OF THE BIOLOGICAL VALUE OF CAMEL.....	299
<i>Ұзақов Я. М., Матибаева А. И., Желеуова Ж.С., Даулетханқызы А.</i> RESEARCH OF LAMB NUTRITIONAL VALUE .....	304
<i>Aliyarov B.K., Turar A.B.</i> STUDY PARAMETERS OF MICRO HYDRO POWER PLANTS WITH WIND AGGREGATOR.....	309

<i>Abdrakhmanova N.T.</i>	
THE USE OF OLIVINE SAND MIXTURE FOR THE LINING.....	311
<i>Abeustanova A.N.</i>	
DEFINITION OF THE WRONG KAZAKH WORDS AND CREATION OF SEMANTIC CATALOGS FOR TRANSLATED FROM ENGLISH INTO KAZAKH SENTENCES.....	313
<i>Muradov A., Yestanova Sh., Kamalova F., Sarsenbayev A.</i>	
INVESTIGATION OF FILLER CONCENTRATION AND DOSE OF GAMMA IRRADIATION ON THE MECHANICAL PROPERTIES OF THE «POLYIMIDE–YBa <sub>2</sub> Cu <sub>3</sub> O <sub>6+x</sub> » SYSTEM.....	317
<i>Sharipov K.O., Bulygin K.A., Batyrbaeva A.A., Mekessova P.A.</i>	
ESTIMATION OF ECOLOGICAL SECURITY AND IDENTIFICATION MICROELEMENTOSES ON THE BASED ON ELEMENTAL COMPOSITION OF HAIR.....	322
<i>Sharipov K.O., Batyrbaeva A.A., Narmaganbetova D.Y.</i>	
MULTI-OMIC TECHNOLOGIES AND THEIR APPLICATION IN DIAGNOSTICS AND MONITORING OF PATIENTS.....	326
<i>Toleubekova L. A.</i>	
INCREASING THE WEAR RESISTANCE OF THE ALLOY ON THE CROWNS OF THE TEETH OF THE BUCKET OF THE EXCAVATOR.....	331
<i>Zhumagaliyev E.E.</i>	
CAST-IRON GRINDING BALLS FOR THE GRINDING OF MATERIALS.....	334
<i>Karimova A.M., Amanzholov Y.T.</i>	
STUDY OF THE THERMAL PROPERTIES OF SARYADYR COAL UNDER HEATING.....	337

### Physico-mathematical sciences

<i>Kalykova G.M., Svetlakova K.R., Belyaev E.K.</i>	
ENCHANCEMENT OF URANIUM DEPOSITS BLOCKS BY MAPPING AND MODELING APPLICATION.....	340
<i>Basheyeva A.O.</i>	
ABOUT INDEPENDENT QUASI-EQUATIONAL BASIS OF POINTED ABELIAN GROUPPS.....	346
<i>Nemkayeva R.R., Guseinov N.R., Myrzabekova M.M., Gabdullin M.T.</i>	
STUDY OF THE PROPERTIES OF REDUCED GRAPHENE OXIDE UNDER THE INFLUENCE OF ULTRAVIOLET AND IRRADIATION.....	351
<i>Salavatov T.I., Poezhaev I.P., Alibaeva K.A.</i>	
STUDY OF LEACHING SOLUTIONS SPREADING BEYOND THE LEACHING ZONES USING HYDRODYNAMIC MODELING AT URANIUM MINING.....	357
<i>Issakhov A., Baitureyeva A.</i>	
NUMERICAL SIMULATION OF THE PASSIVE SCALAR IMPURITY PROPAGATION IN THE AIR.....	362
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z., Nugymanova A., Nusipzhan A.</i>	
MODELING OF THE ATOMIZATION, DISPERSION AND COMBUSTION PROCESSES OF LIQUID FUEL DROPLETS AT HIGH TURBULENCE.....	370
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.</i>	
<i>Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.</i>	
COMPUTER MODELING OF COMBUSTION DYNAMICS AND DISPERSION OF LIQUID FUEL DROPLETS.....	374
<i>Askarova A.S., Bolegenova S.A., Bolegenova S.A., Shortanbayeva Zh.K.</i>	
<i>Maximov V.Yu., Ospanova Sh.S., Nurmukhanova A.Z.</i>	
NUMERICAL STUDY OF THE COMBUSTION OF METHANE BY LES METHOD OF SIMULATION OF TURBULENCE.....	380
<i>Kashaganova G., Kalizhanova A.U.</i>	
MATHEMATICAL MODEL OF FIBER BRAGG GRATINGS FOR MATLAB.....	384
<i>Yessalina A.M., Suyenishbek S.B., Muradov A.D.</i>	
INFLUENCES OF FILLER CONCENTRATION FROM NANODISPERSED SHUNGITE ON OPTICAL AND PHYSICAL PROPERTIES OF POLYMER COMPOSITE MATERIAL.....	391
<i>Kodanova S.K., Issanova M.K., Slyamova E.S.</i>	
CREATION OF THE PROGRAM MODULE FOR CALCULATION OF ION STOPPING IN A DENSE PLASMA.....	396
<i>Kodanova S.K., Ramazanov T.S., Issanova M.K., Golyatina R.I., Maiorov S.A.</i>	
VISUALIZATION ION TRAJECTORIES IN A DENSE PLASMA CALCULATED BY THE METHOD MONTE CARLO.....	402

<i>Kodanova S.K., Issanova M.K., Slyamova E.S.</i>	
DEVELOPMENT OF TOOL ENVIRONMENT IN 2D AND 3D VISUALIZATION OF IONS STOPPING IN A DENSE PLASMA.....	407
<i>Tukenova L.M.</i>	
ON ONE APPROXIMATE METHOD OF SOLVING THE PRIMARY-BOUNDARY PROBLEM OF THE NAVIER-STOKES EQUATION.....	413
<i>Baymakhan A.R., Orazkhan B., Kuttybekova S., Baymakhan R.B.</i>	
ABOUT THE EFFECT OF WATER CONSISTENCY OF THE GROUND AROUND THE FOUNDATION BASED ON THE VALVE OF THE DEFORMATION AND THE KRENA OF THE BUILDING.....	418
<i>Makhanbetaliyeva K.T., Kasymova G.A., Nasyr S., Mayrova J., Usmanova U.</i>	
CHOICE OF NOMENCLATURE OF QUALIFICATORY INDEXES OF QUALITY OF SOFT GOODS.....	421
<i>Atabayeva M.K.</i>	
DEVELOPMENT OF ALGORITHM FOR THE PROCESS OF CLEANING OF EXHAUST-GAS.....	426
<i>Spashev N.B., Balakayeva G.T.</i>	
DEVELOPMENT OF ELECTRONIC TEXTBOOK "PYTHON PROGRAMMING" FOR MOOC.....	429
<i>Abdolda R.A.</i>	
DESCRIBE THE HIDDEN MARKOV MODEL AND SEARCHING THE OPTIMAL POSITION.....	432
<i>Issakhov A.A., Kabdenova K.K.</i>	
NUMERICAL MODELING OF WIND EFFECTS ON URBANIZED AREA WITH INHOMOGENEOUS TERRAIN.....	437

#### **Chemical and metallurgical sciences**

<i>Mamyrbayeva K.K., Luganov V.A., Orazymbetova S.D., Shakirova D.T., Baigenzhenov O.S.</i>	
SEPARATION OF COPPER BY MODIFIED EXTRACTANTS FROM SULFATE SOLUTIONS.....	444
<i>Yakhiyaeva Zh.E., Kilibaeva S.K., Agapova L.Ya., Abisheva Z. S., Altenova A.N., Kvyatkovskaya M.N., Sukurov B.M.</i>	
ELECTROLYTIC DEPOSITION OF Ni-Re-W-Mo ALLOYS FROM AQUEOUS SOLUTIONS OF ELECTROLYTES.....	450
<i>Kungurov A.R., Umbetova A.E.</i>	
THE RATIONAL SCHEME OF THE COMBINED PROCESSES OF WATER TREATMENT, AN AEROSOL IRRIGATION AND FERTIGATION.....	455
<i>Seitkaziev A.</i>	
DETERMINATION OF INTEGRAL INDICATORS IN IRRIGATED LANDS DEPENDING ON THE FORMATION OF SOILS.....	460
<i>Moldabekova M.S., Karbozov D.S.</i>	
THERMAL IMAGING DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL EQUIPMENT OF INTERCONNECTED ELECTRICAL NETWORKS.....	464

Редакторы:

*Н.Ф. Федосенко*

Верстка на компьютере:

*Л. Касжанова*

Подписано в печать 02.11.2017 г.

Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Усл. п.л 30,0.

Тираж 500 экз. Заказ № 194.

Адрес редакции:

ул. Сатпаева, 22, КазННТУ каб. 502, тел. 292-63-46

Департамент маркетинга и коммуникаций КазННТУ

Казахского национального исследовательского технического университета имени К.И. Сатпаева